

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Механіко-машинобудівний інститут

Кафедра конструювання машин

До захисту допущено:

В.о.завідувача кафедри

_____ Олександр ОХРІМЕНКО

«__» _____ 20__ р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

**за освітньо-професійною програмою «Інструментальні системи та
технології формоутворення деталей»**

спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

на тему: «Фреза багатозубчата для оброблення спеціальних матеріалів»

Виконав (-ла):

студент 4 курсу, групи МІ-61

Деберний Михайло Богданович _____

Керівник:

Доцент, кандидат технічних наук

Івановський Олексій Анатолійович _____

Рецензент:

Доцент, кандидат технічних наук

Івановський Олексій Анатолійович _____

Засвідчую, що у цьому дипломному
проєкті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент (-ка) _____

Київ – 2020 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Механіко-машинобудівний інститут
Кафедра конструювання машин

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 133 «Галузеве машинобудування»

Освітньо-професійна програма «Інструментальні системи та технології формоутворення деталей»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о.завідувача кафедри

_____ Олександр ОХРИМЕНКО

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Деберний Михайло Богданович

1. Тема проекту «Фреза багатозубчата для оброблення спеціальних матеріалів», керівник проекту Івановський Олексій Анатолійович, доцент, кандидат технічних наук, затверджені наказом по університету від «__» _____ 20__ р. № _____

2. Термін подання студентом проекту _____

3. Вихідні дані до проекту:

Розробити конструкцію та технологію виготовлення фрез типу мікро-шип для зрощування деревини.

4. Зміст пояснювальної записки:

- 1) Огляд конструкції та аналіз аналогів насадних фрез;
- 2) Опис розроблюваної конструкції;
- 3) Конструювання вузла передачі крутного моменту від верстату до інструменту;
- 4) Технологічний процес виготовлення корпусу фрези;

5) Розробка пристосування для шліфування пазу;

6) Написання виконавчої програми для станка з ЧПК.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо):

1) Плакат аналізу конструкції;

2) Креслення інструменту;

3) Плакат конструкції інструменту;

4) Карти наладок;

5) Збірне креслення пристосування;

6) Плакат з програмою для ЧПК.

6. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1.	Аналіз конструкції фрез для зрощування	19.04.2020	
2.	Опрацювання конструкції інструменту	26.04.2020	
3.	Розробка 3D моделі фрези	03.05.2020	
4.	Визначання технології виготовлення	11.05.2020	
5.	Розробка пристосування	20.05.2020	
6.	Написання програми для ЧПК	03.06.2020	

Студент

Деберний Михайло

Керівник

Івановський Олексій

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проект	2	
2	A4	ДП 6104. 00.000 ПЗ	Пояснювальна записка	66	
3	A1	ДП 6104. 01.000 ТК	Аналіз конструкції	1	
4	A1	ДП 6104. 02.000 ТК	Конструювання насадної фрези	1	
5	A1	ДП 6104. 03.000 ТК	Конструювання вузла передачі крутного моменту	1	
6	A1	ДП 6104. 04.000 ТК	Технологічні операції на виготовлення корпусу	1	
7	A1	ДП 6104. 05.000 ТК	Пристосування для шліфування пазу	1	
8	A1	ДП 6104. 06.000 ТК	Виготовлення корпусу на верстаті з ЧПК	1	

**Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему: «Фреза багатозубчата для оброблення спеціальних
матеріалів»**

Київ – 2020 року

АНОТАЦІЯ

Дипломний проект присвячений розробці фрезерного інструменту типу мікро-шип для зрощування деревини. Для вирішення питання було розглянуто існуючі конструкції насадних фрез та проведено їх аналіз з подальшим створенням власного інструменту, який задовільняє необхідні параметри. Було розроблено спеціальний інструмент для створення вузла передачі крутного моменту, технологічний процес створення корпусу насадної фрези та пристосування для шліфування площини прилягання різальних пластин до корпусу. Для всіх частин було створено 3D моделі та відповідні креслення.

Ключові слова: фреза, насадний інструмент, зрощення, мікро-шип, деревообробка.

ANNOTATION

The diploma project is devoted to the development of a micro-spike milling tool for wood splicing. To solve the problem, the existing designs of milling cutters were considered and their analysis was carried out with the subsequent creation of its own tool that satisfies the required parameters. A special tool was developed to create a torque transmission unit, the technological process of creating the body of the milling cutter and a device for grinding the plane of abutment of the cutting plates to the body. 3D models and corresponding drawings were created for all parts.

Key words: milling cutter, mounted tool, splicing, micro-spike, woodworking.

ЗМІСТ

1. ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЇ ТА АНАЛІЗ АНАЛОГІВ	4
1.1 Аналіз конструкції	4
2. ОПИС РОЗРОБЛЮВАНОЇ КОНСТРУКЦІЇ	10
2.1 Вибір та обґрунтування матеріалів конструкції фрези	10
2.2 Вибір форми різального елементу	11
2.3 Вибір основних параметрів фрези	11
2.4 Профілювання чистового зуба	11
2.5 Розрахунок розмірів ножа	12
2.6 Розрахунок розмірів клина	14
2.7 Інші конструктивні параметри інструменту	15
3. КОНСТРУЮВАННЯ ВУЗЛА ПЕРЕДАЧІ КРУТНОГО МОМЕНТУ ВІД ВЕРСТАТУ ДО ІНСТРУМЕНТУ	17
3.1 Визначення радіусу початкового кола	17
3.2 Графічний метод профілювання	18
3.3 Аналітичний метод профілювання	22
3.4 Заміна профілю інструмента частиною кола	25
3.5 Конструктивні параметри черв'ячної фрези	26
4. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИГОТОВЛЕННЯ КОРПУСУ ФРЕЗИ	29
Оптимальний технологічний процес виготовлення корпусу фрези	38
4.1 Розрахунок режимів різання	40
4.2 Розрахунок припусків	47

5. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	52
5.1 Аналіз початкових даних	52
6. ВИГОТОВЛЕННЯ КОРПУСУ ФРЕЗИ НА ВЕРСТАТІ З ЧПК. НАПИСАННЯ ВИКОНАВЧОЇ ПРОГРАМИ	60
 ЛІТЕРАТУРА	 64

ВСТУП

За тему дипломного проекту було вибрано конструювання інструменту, який фрезерує деревину профілем типу мікро-шип. Такий тип з'єднання деревини застосовується для зрощування дерев'яних заготовок по довжині та ширині. Результатом являється теоретично безкінечна дерев'яна конструкція, а склеєні в щит елементи утворюють масив натуральної деревини теоретично безкінечного розміру. Також дана технологія вирішує питання комплексного використання сировини і матеріалів та пропонує спосіб безвідхідної технології механічної обробки деревини в масовому виготовленні столярно-будівельних виробів.

Завданням дипломного проекту виступає конструювання насадної фрези для зрощення деревини, яка фрезерує профіль типу мікро-шип. Також даний інструмент повинен задовільнити умови надійності, універсальності, простоти використання та забезпечення високої продуктивності.

З метою вирішення поставленої задачі було виконано наступні пункти:

1. Аналіз конструкцій схожого за призначенням інструменту;
2. Зробивши висновки з попереднього пункту, було розроблено збірну насадну фрезу, яка задовольняє поставлені умови;
3. Розробка та елемент створення вузла передачі крутного моменту;
4. Розроблено технологічний маршрут виготовлення корпусу елемента, розраховано припуски на механічну обробку і режими різання;
5. Запропоновано метод шліфування пазів під різальну пластину та розроблено спеціальне пристосування для даного етапу виготовлення.

1 ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЇ НАСАДНОГО ІНСТРУМЕНТУ

1.1 Аналіз конструкцій

Фрези для зрощення деревини – це, власне, фрезерувальний інструмент, що переважно позиціонується, як інструмент цільної конструкції. Але за останні роки розроблено безліч конструкцій збірних фрез типу мікро-шип. Давайте розглянемо основні з них.

Зазвичай виділяють чотири основних види шипорізного інструменту:

- цільний інструмент;
- шипорізні ножові міні-головки, складені з окремих дискових ножів;
- шипорізні системи, складені з окремих дискових ножів;
- збірні фрези.

До того як приступити до розробки агрегату шипонарізного інструменту оглянемо переважно загальнопоширені на сьогодні, види фрез і конструкції, подібні за принципом роботи:

Першочергово потрібно провести аналіз цільного інструменту (рис. 1.1). Цільна фреза – це інструмент, як правило виготовлений з високоміцної інструментальної сталі. Ці фрези отримали широкого поширення завдяки високій міцності та простоті у використанні. До переваг даного типу можна віднести:

- простота у використанні;
- міцність та надійність конструкції;
- можливість переточування інструменту від 25 до 40 разів.

Також можна виділити основні недоліки:

- низький критерій зносостійкості;
- підвищене витрачання інструментальних сталей;

- при зламі зубців, інструмент стає не придатним до використання;
- висока вартість матеріалу.

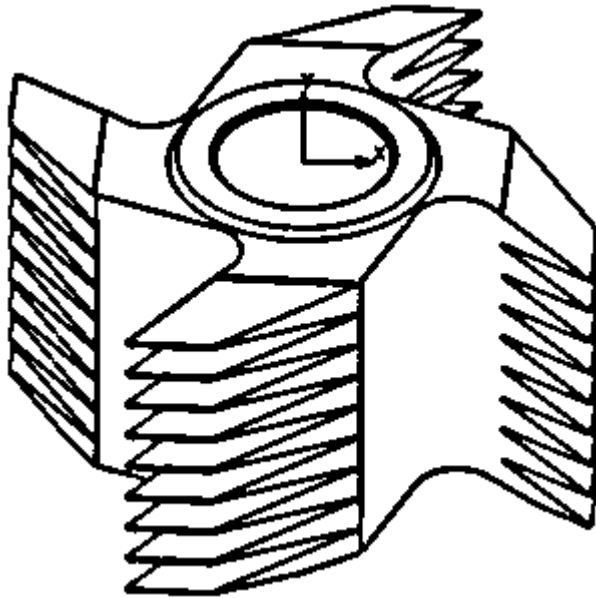


Рис. 1. 1 - Фреза цільна.

Розглянемо шипорізні головки, які складаються в систему з окремих дискових ножів (рис. 1.2). Ці фрези для обробки міні-шипа використовуються на невеликих підприємствах та приватних столярнях. Габарити оброблюваної заготовки напряду залежить від кількості дисків, так як товщина диску в місці насадження на шпиндель одиночних фрез відповідає кроку шипа. Така фреза дозволяє обробляти бруски шириною від 15 до 100 мм, а в окремих випадках аж до 150 мм. Але при такій кількості дисків необхідно використовувати гідравлічну гайку, щоб забезпечити точність профіля. Конструкція також передбачає спіральне розташування фрез, яке досягається тим, що при збиранні їх у фрезерувальну гарнітуру, кожний наступний диск зміщується на певний кут відносно попереднього. Це сприяє рівномірному розподіленню навантаження на шпиндель та істотному зниженню ударних навантажень на всю конструкцію.

Різальна частина диску виконана з твердих сплавів з метою надання універсальних якостей інструменту, та присвоєння можливості обробляти як

м'які, так і тверді породи деревини. Популярність даного інструменту забезпечена оптимальністю співвідношення ціни та якості. Значна проблема всіх фрез «міні-шип» - це викришування різальних кромки. Оскільки їх зуби мають гострі кінчики, то вони можуть кришитись при розпилі сучкуватої деревини.

Переваги даних фрез:

- висока ремонтпридатність;
- простота виготовлення;
- знижує навантаження на вузли верстату;
- універсальність.

Основні недоліки:

- ускладнений процес налагоджування фрези;
- необхідне використання додаткового обладнання.

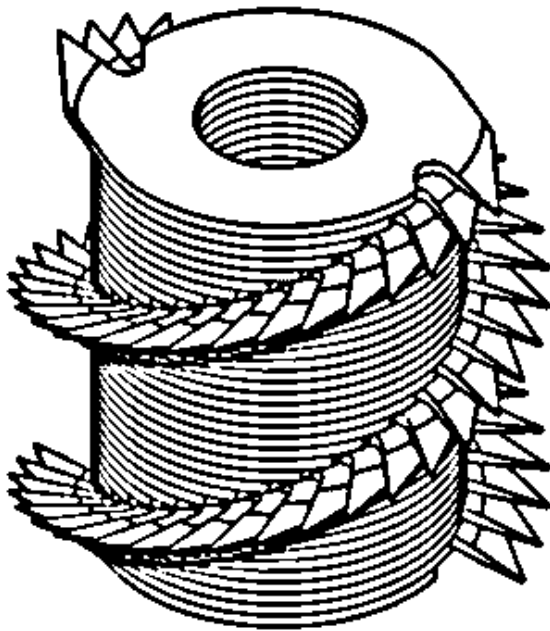


Рис. 1. 2 - Фреза "веерного" типу.

Також широко поширення заслужують збірні фрези з фланцевим типом корпусу (рис. 1.3).

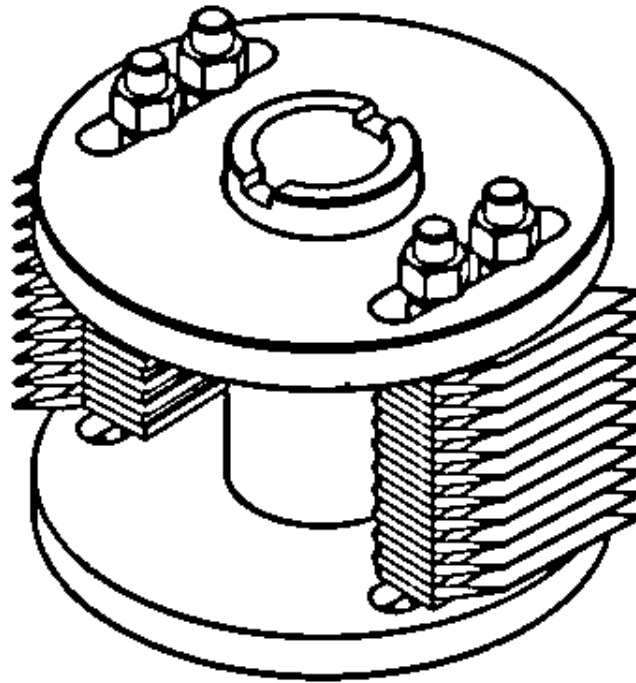


Рис. 1. 3 - Фреза збірна для зрощення.

Даний інструмент позиціонується, як фреза з фланцевим закріплення різців. У 1995-1996 році навчально-дослідницьким інститутом «ВНИИДРЕВ» було розроблено дану конструкцію для зрощення на міні-шип[1]. Позитивним фактором такої конструкції є її ремонтпридатність, якщо при зламі зуба в цільній фрезі вона стає непридатною до користування, то в збірній є можливість його замінити. Також конструкція корпусу передбачає регулювання положення різальних частин, що в свою чергу ускладнює налаштування інструменту.

Також при експлуатації було виявлено ряд недоліків:

- висока частота облому кінчиків різців;
- різці забиваються стружкою;
- підвищені вимоги базування брусків дерева на станку.

Також існують збірні фланцеві фрези з круглими різцями (рис. 1.4).

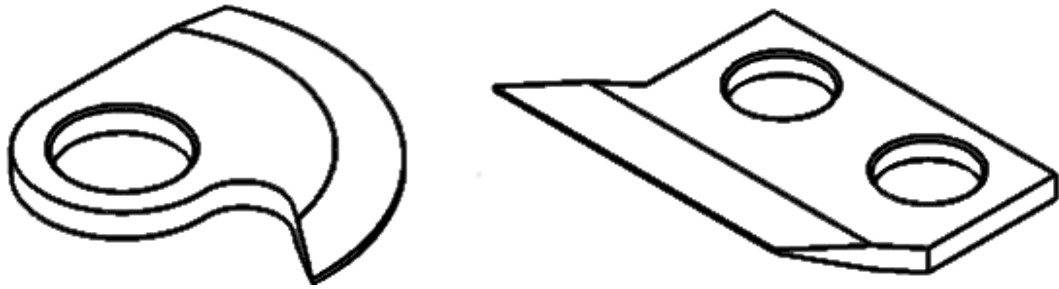


Рис. 1. 4 - Круглий та призматичний різець

Перевагою таких збірних фрез є простота і технологічність виготовлення круглих різців різного профілю, а також великий строк їх служби. Вони допускають в 3-4 рази більше переточок, ніж призматичні різці. В корпусі такого ж габаритного розміру можна використовувати в два рази більше різців (рис. 1.5). Недоліки такі ж, як і у попередньому варіанті.

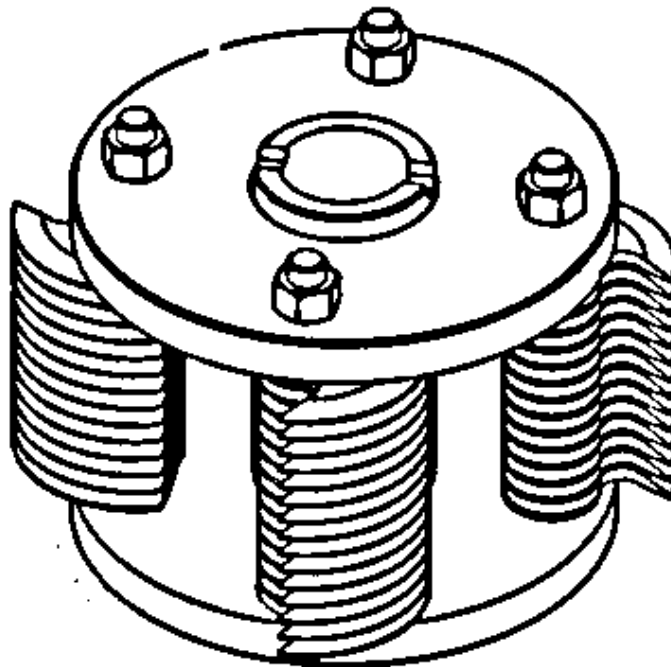


Рис. 1. 5 - Фреза фланцева з круглими різцями

Опираючись на попередні розділи, можна зробити висновки, що основними недоліками фрез даного призначення можна вважати недостатню жорсткість різальної частини та високу вірогідність злому профільних зубців при жорстких режимах роботи.

Для виправлення цих недоліків пропоную спроектувати збірну фрезу, яка складається з корпусу та двох типів профільних різців. Перший тип пластин буде призначений для чорнового фрезерування, що зменшить навантаження на основну чистову профільну пластинку. Також пропоную використати зміщення зубців відносно один одного по типу фрез «всерного» типу, що в свою чергу забезпечить рівномірне розподілення навантаження на шпиндель верстату.

2 ОПИС РОЗРОБЛЮВАНОЇ КОНСТРУКЦІЇ

2.1 Вибір та обґрунтування матеріалів конструкції фрези

Розглянемо варіант фрезерування твердих порід деревини. Зазвичай в таких випадках використовують фрези, виготовлені з твердого сплаву чи швидкорізальної сталі (наприклад зі сталі Р6М5) різноманітних діаметрів та перерізів. В свою чергу корпуси фрез виготовляють з сплавів – сталь 40Х, 45.

Інструмент, який призначений для роботи з деревом, працює в умовах високої теплової, механічної та абразивної взаємодії матеріалу з різальним елементом, тому для матеріалу інструменту представлені високі умови праці: твердість, міцність, пластичність, теплостійкість та інші.

Для мого інструменту доречно буде вибрати твердий сплав, який допускає нагрів до 800-900 °С, без втрати властивостей різання та спроможний до праці з твердими породами при багатосерійному виробництві.

З великої кількості марок твердого сплаву в деревообробці найбільш поширена марка ВК15. Для обробки деревини твердих порід використовують сплави ВК6М і ВК8 (с. 41 [2]). В нашому випадку оберемо ВК8.

Таблиця 2.1 – Характеристика ВК8

Марка сталі	Хімічний склад, %			Межа міцності при згині, МПа	Твердість, НРА
	WC	CO	TaC		
ВК8	92	8	-	1666	87,5

2.2 Вибір форми різального елемента

Для забезпечення необхідної жорсткості різального елемента вибір впав на Г-подібну форму ріжучого елемента. Також ця форма дозволяє використовувати корпус фрези для закріплення ножів різного профіля, що додає універсальності інструменту. Також дана форма достатньо технологічна у виготовленні та дозволяє економне використання матеріалу.

2.3 Вибір основних параметрів фрези

Діаметр різання приймемо відповідним до заданої конструкцією станка(с.25 [3]). Число різальних елементів оберемо опираючись на те, що планується використовувати чорновий та чистовий різець. Пропоную розташувати їх так, щоб чистовий профіль розташовувався за чорновим, що в свою чергу зменшить навантаження на основну чистову профільну пластинку. Подачу на зуб $S_z = 1$ мм виберемо згідно табл. 1 [3]. Відповідно до рекомендацій підберемо номінальні кути фрези[4]: $\gamma = 20^\circ, \alpha = 10^\circ$.

2.4 Профілювання чистового зуба

Розрахуємо кути різальної кромки на зовнішній ділянці профіля:

$$\gamma_c = \sin^{-1} \left(\frac{R}{R_c} \sin \gamma \right) = \sin^{-1} \left(\frac{102.5}{91.9} \sin 20^\circ \right) = 21.5^\circ \quad (2.1)$$

$$\alpha_c = \tan^{-1} \left(\frac{R}{R_c} \tan \alpha \right) = \tan^{-1} \left(\frac{102.5}{91.9} \tan 10^\circ \right) = 10.7^\circ \quad (2.2)$$

$$\beta_c = 90^\circ - (\alpha_c + \gamma_c) = 90^\circ - (10.7^\circ + 21.5^\circ) = 57.8^\circ \quad (2.3)$$

де, $R = \frac{d}{2} = 102.5$ мм, $R_c = R - h_{\text{пр}} = 91.9$ мм. Так як $\beta_c > 40^\circ$, номінальні кути коректувати не потрібно.

Так як профіль деталі не спрягається з іншими деталями, то розрахунок профіля:

$$h_{\text{прс}} = R \cos \gamma - R_c \cos \gamma_c = 10.81 \text{ мм} \quad (2.4)$$

З конструктивної точки зору приймемо діаметр корпусу фрези $d_k = 175 \text{ мм}$.

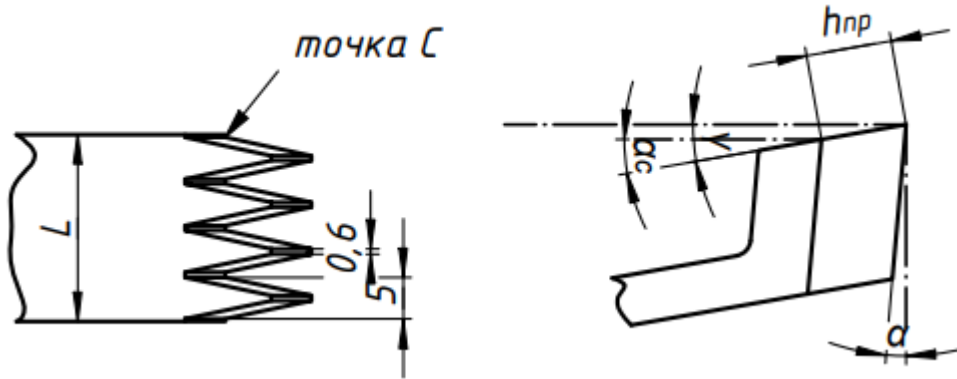


Рис. 2. 1- Розрахунковий ескіз.

2.5 Розрахунок розмірів ножа.

Приймемо ширину робочої частини 18 мм, враховуючи запас на переточку пластини. При цьому довжина передньої поверхні повинна бути більшою ніж $h_{\text{прс}}$, щоб забезпечити необхідну жорсткість основного тіла. Приймемо довжину передньої поверхні 13 мм. На рис. 2.2 зображено побудову корпусу фрези та ніж, розміри a і l прийняті з конструкторських міркувань.

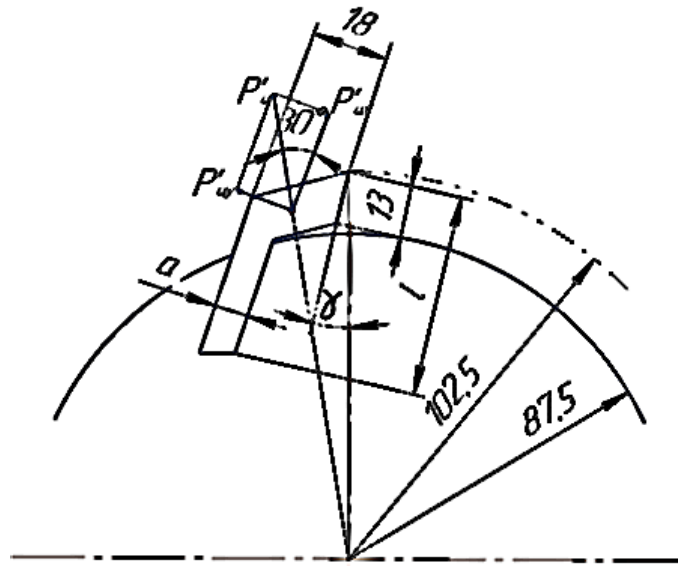


Рис. 2. 2 - Схема розрахунку розмірів ножів.

На незафіксовану в корпусі частину діють центробіжна сила P'_c та результативні від сил різання P і Q . Для розрахунку напруження розрахуємо ці сили. З [3] найбільші сили різання при найбільш важких умов роботи $P = 520 \text{ Н}$ $Q = 130 \text{ Н}$.

Центробіжна сила знаходиться, як:

$$P'_c = m\omega^2 R_n \quad (2.5)$$

Приблизно спроектував 3D-модель пластини і визначив масу $m = 90 \text{ г}$.

$$\omega = \frac{\pi n}{30} = 628 \text{ с}^{-1} \quad (2.6)$$

Провівши розрахунки:

$$P'_c = 0,090 * (628)^2 * 0,094 = 3336 \text{ Н} \quad (2.7)$$

Тоді (с.52 [3])

$$P'_{cx} = 3336 * \cos 30^\circ = 2889 \text{ Н} \quad (2.8)$$

$$P'_{cy} = 3336 * \sin 30^\circ = 1668 \text{ Н} \quad (2.9)$$

В перерізі пластини напруження виникає під дією сил вздовж ножа:

$$\sigma_p = \frac{P'_{\text{цх}} - P \sin \gamma - Q \cos \gamma}{aB} = \frac{5,29}{a} \quad (2.10)$$

$$\sigma_{\text{згин}} \quad (2.11)$$

$$= \frac{P'_{\text{цх}} 12 - 25Q \sin \gamma - Q \left(18 - \frac{a}{2}\right) + 25P \cos \gamma - P \left(18 - \frac{a}{2}\right) \sin \gamma}{40a^2/6}$$

Отримаємо

$$\sigma_{\text{згин}} = \frac{3368}{a^2} + \frac{2.25}{a} \quad (2.12)$$

Максимальне сумарне напруження не повинне перевищувати границю текучості ВК8, яка дорівнює $\sigma_{\text{т.к.}} \approx 900$ МПа. Прийmemo коефіцієнт запасу міцності 4 та отримаємо:

$$\frac{3368}{a^2} + \frac{2.25}{a} + \frac{5,29}{a} \leq \frac{900}{4} \quad (2.13)$$

$$a^2 - 0.04a - 19.1 = 0 \quad (2.14)$$

$$a = 4.99 \text{ мм}$$

Для використання головки з стандартним пазом прийmemo $a = 6$ мм.

Довжина пластини повинна бути такою, щоб зажата частина була не менше довжині площини контакту (с.52 [3]). Прийmemo $l = 50$ мм.

2.6 Розрахунок розмірів клина

Розмір клина можна розрахувати опираючись пластину з деякою товщиною a_1 , та ширину і довжину ножа $B = 50$ мм, $L = 40$ мм з масою 125 г.

$$a_1 = \frac{125}{7,8 * 5 * 4} = 0,88 \text{ см} = 8 \text{ мм} \quad (2.15)$$

По ф.76 [3]:

$$\varphi_1 = \tan^{-1} \frac{d_p \sin \gamma + a_1}{d_p \cos \gamma - B} = 28.8^\circ \quad (2.16)$$

Місце поверхонь паза знаходиться розмірами C_1 і a_2 , значення яких знаходять за формулами 91-93 [3]:

$$C_1 = \frac{d \sin \alpha}{4 \cos(\frac{\tau}{2})} - \frac{a}{2} = 5.96 \quad (2.17)$$

$$\sin \tau = \frac{2a + d \sin \alpha}{d - 2a} = 0.246 = 14^\circ \quad (2.18)$$

$$a_2 = d \cos\left(\frac{\tau}{2}\right) - l = 8.3 \text{ мм} \quad (2.19)$$

2.7 Інші конструктивні особливості інструмента

Для даної фрези досить важливо передати необхідний крутний момент з шпинделя верстату. Для цього було вирішено замінити оправку верстату на шліцевий вал, що забезпечить інструмент не лише необхідним моментом, а й дозволить виконати розташування різальних елементів по типу «веерної» фрези.

Щоб змістити зубці на необхідний кут недостатньо використовувати шліц з прямими зубами, так як їх кількість не дозволяє отримати необхідну відстань. Вирішено використати трикутне зубчасте шліцеве з'єднання з числом зубців 48 та номінальним діаметром 50 мм. На рис. 2.3 зображено переріз шліцевого валу, на який буде насаджуватись корпус фрези.

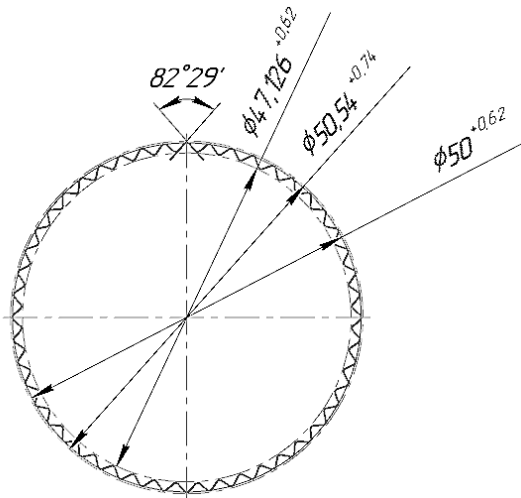


Рис. 2. 3 - Шліцеве з'єднання.

Нижче наведено 3D моделі компонентів фрези.

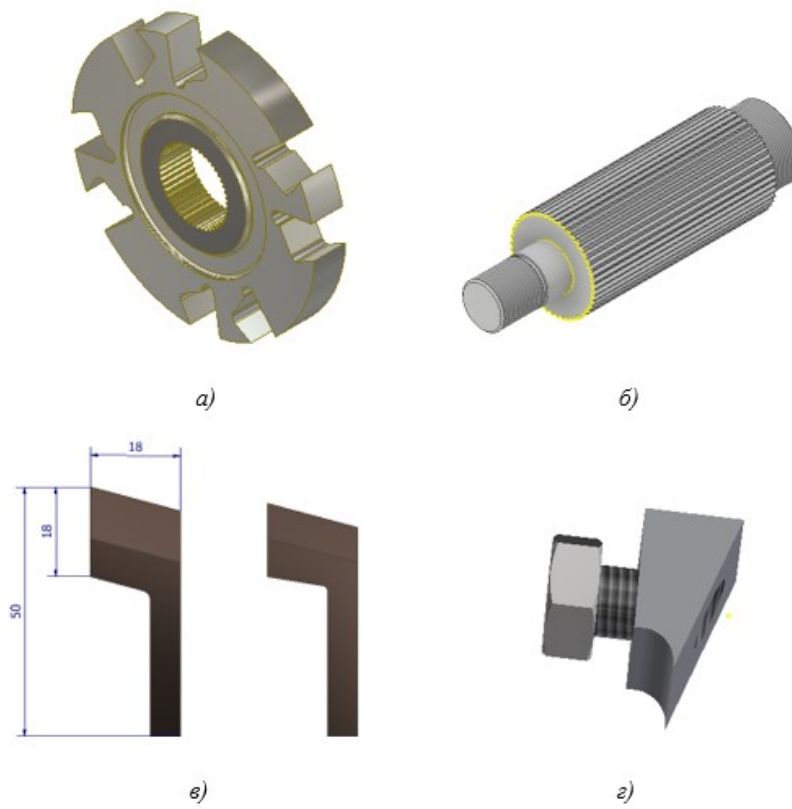


Рис. 2. 4 - а) корпус фрези, б) шліцевий вал,
в) чистовий та чорновий пластини, г) клин.



Рис. 2. 5 - 3D модель інструменту.

3.1. Визначення радіусу початкового кола

Розрахунковий зовнішній діаметр валу:

$$D_p = D + ei_D + 0.25 \times (es_D - ei_D) = 49.874 \text{ мм} \quad (3.1)$$

Розрахунковий діаметр кола, вписаного між бічними профілями фасонного торцевого перерізу валу:

$$d_p = d + ei_d + 0.25 \times (es_d - ei_d) = 41,8 \text{ мм} \quad (3.2)$$

Кут між радіусами, проведеними до вершин багатогранника:

$$\beta = 82,5 \text{ град}$$

Визначимо кут між центральною нормаллю та віссю симетрії:

$$\cos \gamma = \frac{d_p}{D_p} = \frac{41.8}{49.874} = 0.838 \quad (3.3)$$

Звідки $\gamma = \cos^{-1} 0,838 = 33,571^\circ$.

$$\alpha = \frac{\beta - 2\gamma}{2} = 7,679 \quad (3.4)$$

Визначимо діаметр кола, яке проведено через точки схрещення сусідніх сторін профілю:

$$D_m = \frac{d_p}{\cos(\alpha + \gamma)} = \frac{d_p}{\cos 30^\circ} = 48.267 \text{ мм} \quad (3.5)$$

Розрахуємо радіус початкового кола(с.122 [5]):

$$r_{\Pi} \geq \frac{D_m}{2} \sqrt{1 - 0.75 \sin^2 \gamma} = 24.318 \text{ мм} \quad (3.6)$$

Приймаємо $r_{\Pi} = 25 \text{ мм}$.

3.2. Графічний метод профілювання

Даний метод профілювання дозволяє детально розглянути процес формоутворення, але разом з тим вважається найменш точним.

Для вирішення прямої задачі профілювання необхідно(с.126 [5]):

- накласти шаблон відомого профілю на шаблон побудови;
- сумістити перпендикуляр та радіусний луч певної точки;
- послідовно виконати ці операції відповідно для кожної точки початкового кола та точок на початковій прямій.

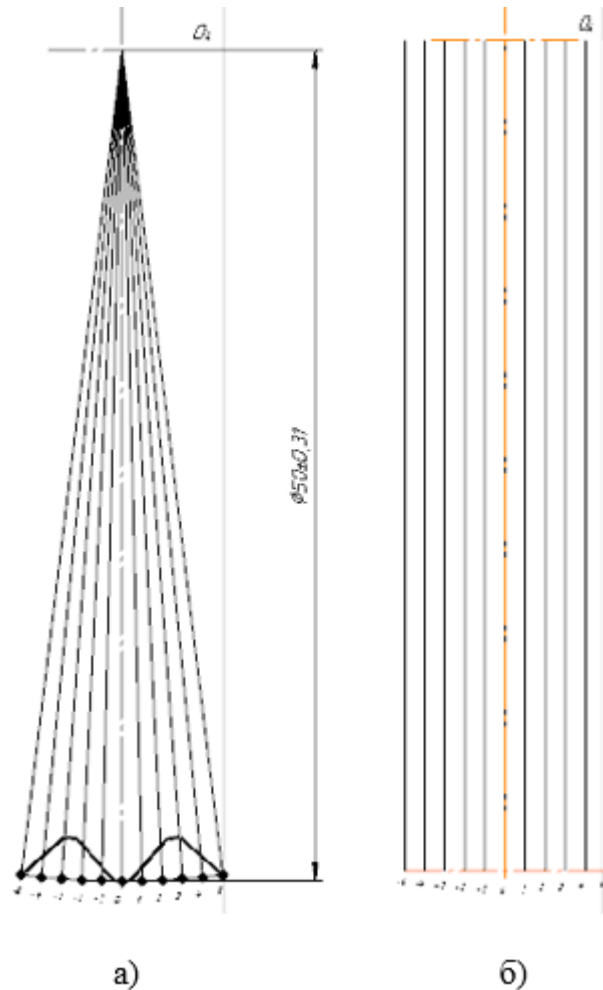


Рис. 3. 2. а) шаблон профілю, б) шаблон побудови

Результатом буде сукупність кривих (рис. 3.3), де послідовність кривих вважається профілем черв'ячної фрези.

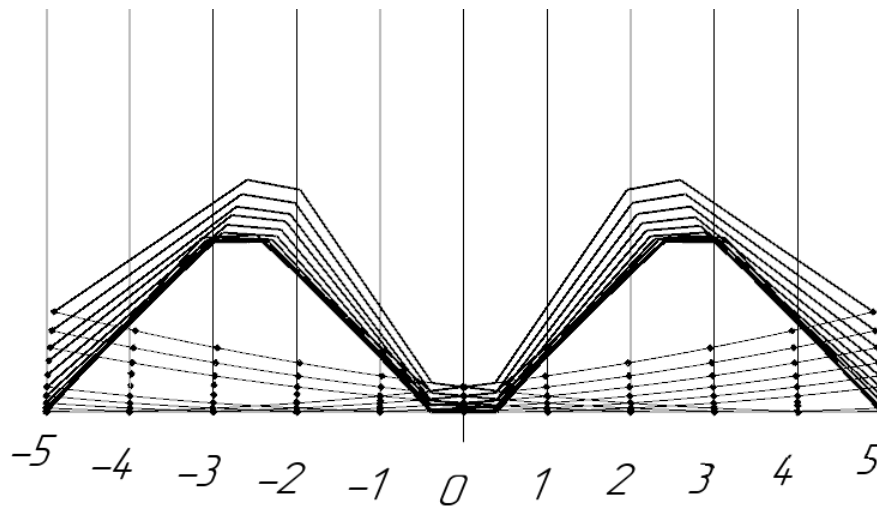


Рис. 3. 3. Результат прямого профілювання

Зворотна задача профілювання полягає в визначенні профілю деталі знаючи профіль інструменту. Послідовність виконання зворотної задачі(с.129 [5]):

- викреслюється шаблон відомого профілю інструмента;
 - зображується шаблон початкового кола, який повинен відповідати прийнятому в попередній задачі;
 - сумістити шаблони;
 - сумістити відповідні позначки та радіуси з перпендикулярами.
- Результатом операцій буде профіль шліцевого валу (рис. 3.5).

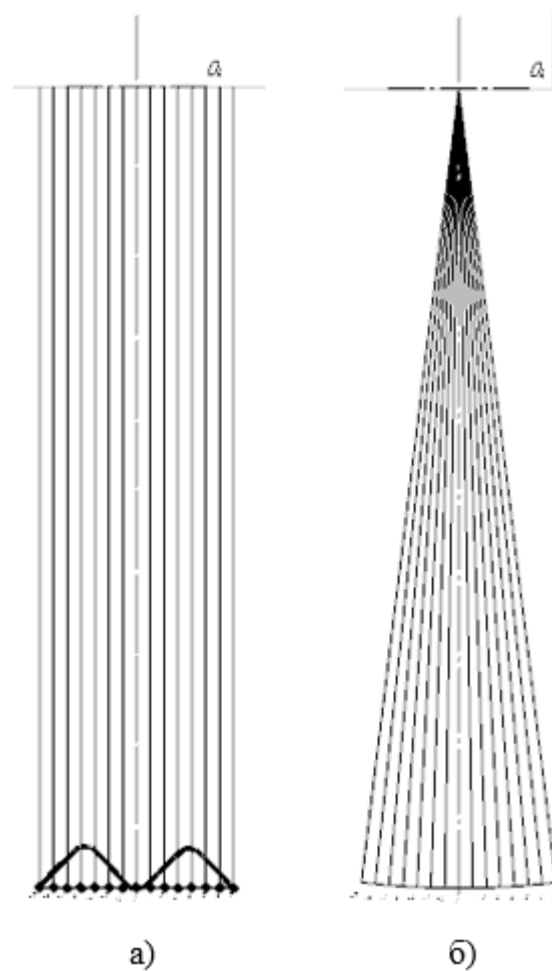


Рис. 3. 4 - а) профіль інструменту, б) шаблон побудови

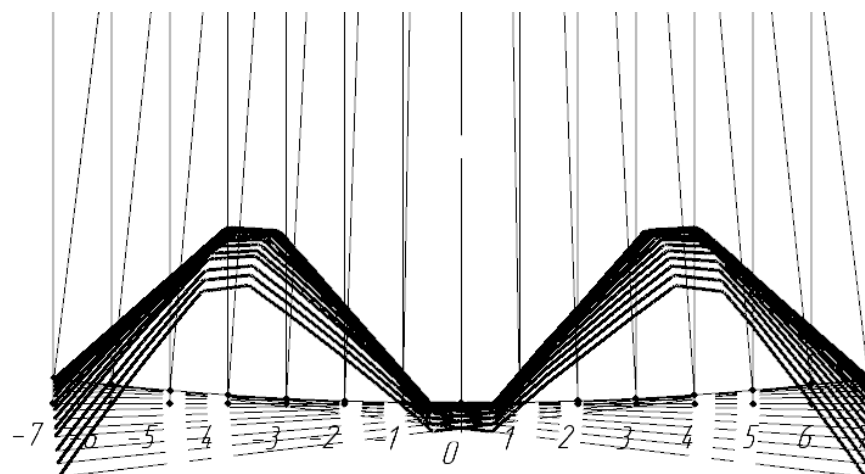


Рис. 3. 5 - Результат оберненої задачі профілювання

3.3. Аналітичний метод профілювання

Визначимо вихідні дані для аналітичного методу:

- Зовнішній діаметр валу $D=50$ мм;
- Верхнє та нижнє відхилення валу $es_D = -0,08$ мм та $ei_D = -0,142$ мм;
- Внутрішній діаметр валу $d=42$ мм;
- Верхнє та нижнє відхилення внутрішнього діаметру $ei_d = -0,24$ мм та $es_d = -0.08$ мм;
- Кількість шліців $N=48$;
- Ширина фаски на зовнішньому діаметрі валу $C=0$;
- Припуск $P_r=0,4$ мм на шліфування валу по розмірам D та d після операції шліфування(с.25 [5]).

В тому випадку, коли шліцьовий вал в подальшому шліфується, параметри визначають як(ф.11 [5]):

$$D_p = D + es_D - 2C = 50 - 0,08 - 0 = 49,92 \text{ мм} \quad (3.6)$$

$$d_p = d + Pr = 42 + 0.4 = 42.4 \text{ мм} \quad (3.7)$$

$$p = B + Pr = 1,5 + 0,4 = 1,9 \text{ мм} \quad (3.8)$$

Величину припуску для шліфування обирається з літератури.

При відсутності фаски C радіус початкового кола визначається(ф.16 [5]):

$$r_n = \sqrt{\left(\frac{D - es_D}{2}\right)^2 - 0,75 \left(\frac{Bp}{2}\right)^2} = 24,483 \text{ мм} \quad (3.9)$$

Отримане значення округлимо до 24,5 мм.

Висоту профілю валу визначають(ф.17 [5]):

$$h = \frac{D_p - d_p}{2} = \frac{49,92 - 42,4}{2} = 3,86 \text{ мм} \quad (3.10)$$

Прийmemo значення трішки більшим $h = 4 \text{ мм}$.

Профіль інструменту визначається у системі двох координат XU . Для початку необхідно задати ряд значень координати y в межах $0 \leq y \leq h$. Виконаємо розрахунок координат профілю інструменту. Розрахуємо значення координати x при $y=0.16$ (ф.18-20 [5]):

$$a = \frac{Bp}{2} = \frac{1.5}{2} = 0.75 \text{ мм} \quad (3.11)$$

$$\sin \gamma_e = \frac{a}{r_n} = \frac{0.75}{24.5} = 0.030; \quad \gamma_e = 0,0299 \text{ рад.} \quad (3.12)$$

$$\sin \alpha = \frac{\sin \gamma_e}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sin \gamma_e}{2}\right)^2 + \frac{y}{r_n}} = 0,080 \quad (3.13)$$

Звідки $\alpha = 4,64 \text{ град}$

$$x = \frac{Dp}{2} ((\alpha - \gamma_e) - \cos \alpha (\sin \alpha - \sin \gamma_e)) = 0.022 \quad (3.14)$$

Задаємо кількість розрахункових точок на профілі фрези, в нашому випадку – 24 і присвоюємо кожній значення координати y . Результати розрахунків у табл. 3.1. Розрахунок профілю інструменту є плавна крива. Геометрично вона нагадує дугу кола, однак не є нею. Профіль представлено на рис. 3.6.

Таблиця 3. 1 – Результати розрахунків.

№ точки	y, мм	α , рад	x, мм	№ точки	y, мм	α , рад	x, мм
1	0,30	0,11	0,02	13	2,10	0,29	0,42
2	0,45	0,13	0,04	14	2,25	0,30	0,47
3	0,60	0,15	0,06	15	2,40	0,31	0,52
4	0,75	0,17	0,09	16	2,55	0,32	0,57
5	0,90	0,19	0,11	17	2,70	0,33	0,63
6	1,05	0,20	0,14	18	2,85	0,34	0,68
7	1,20	0,22	0,18	19	3,00	0,35	0,74
8	1,35	0,23	0,21	20	3,15	0,36	0,79
9	1,50	0,25	0,25	21	3,30	0,37	0,85
10	1,65	0,26	0,29	22	3,45	0,38	0,92
11	1,80	0,27	0,33	23	3,60	0,39	0,98
12	1,95	0,28	0,38	24	3,75	0,40	1,04

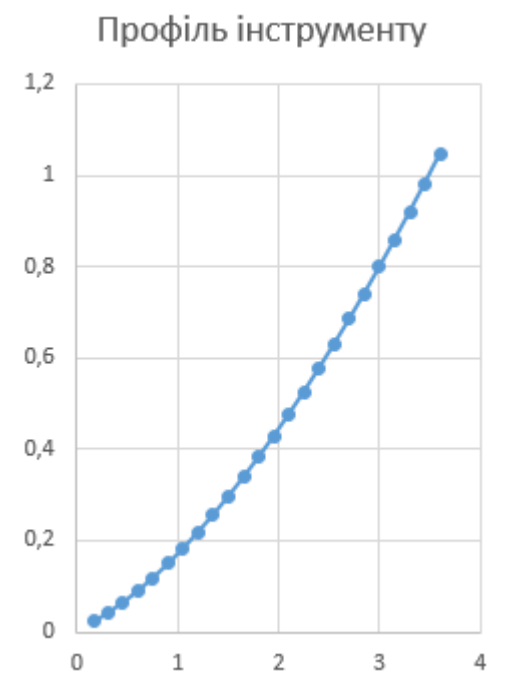


Рис. 3. 6 - Профіль інструменту

3.4. Заміна профілю інструменту частиною кола

Визначимо радіус дуги, яка проходить через 3 точки. Розрахуємо його аналітичним методом. Рівняння кола:

$$(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 = r^2 \quad (3.15)$$

Вибираємо дві реперні точки з координатами $R_1(x_1; y_1)$ та $R_2(x_2; y_2)$, через які буде проходити коло. Таким чином точкою R_1 буде точка 9 з координатами (0,25;1,5), а точкою R_2 буде точка 17 з координатами (0,63;2,7). Тепер за формулою знайдемо координати центру кола, що замінить профіль інструменту(ф.21-22 [5]):

$$x_{01} = \frac{(x_2^2 + y_2^2)y_1 - (x_1^2 + y_1^2)y_2}{2(x_2y_1 - x_1y_2)} = 9.79 \quad (3.16)$$

$$y_{01} = \frac{(x_2^2 + y_2^2)x_1 - (x_1^2 + y_1^2)x_2}{2(x_2y_1 - x_1y_2)} = 0.870 \quad (3.17)$$

Визначимо радіус r_o центра кола, що замінює профіль (ф.23 [5]):

$$r_o = \sqrt{x_{01}^2 + y_{01}^2} = \sqrt{9,79^2 + 0,870^2} = 9,82 \text{ мм} \quad (3.18)$$

Тепер за формулою визначимо похибку для кожної розрахункової точки та внесемо значення в табл. 4.2 (ф.24 [5]):

$$P_{3,i} = \sqrt{(x_i - x_{01})^2 + (y_i - y_{01})^2} - r_o \quad (3.19)$$

Таблиця 3. 2 - Похибки розрахунків.

№ точки	Похибка $P_{з,i}$, мм	№ точки	Похибка $P_{з,i}$, мм
1	0,001	13	0,0120
2	0,003	14	0,0070
3	0,002	15	0,0055
4	0,005	16	0,0070
5	0,003	17	0,0050
6	-0,002	18	0,0032
7	0,003	19	0,0040
8	0,010	20	0,0030
9	0,008	21	0,0015
10	0,004	22	0,0080
11	0,002	23	0,0050
12	0,005	24	0,0040

З отриманих результатів, похибка $P_{з,i} \geq 0,01$ мм лише в точках № 8 та 13, що в свою чергу задовольняє умову.

3.5. Конструктивні параметри черв'ячної фрези

Крок t_n витка по початковій прямій знаходять за формулою(ф.40 [5]):

$$t_n = \frac{2\pi r_n}{N} = \frac{2 * 3,14159 * 24,5}{48} = 3.2 \text{ мм} \quad (3.20)$$

Товщина зубця S по початковій прямій знаходимо(ф.41 [5]):

$$a = \frac{Bp}{2} = \frac{1.5}{2} = 0.75 \text{ мм} \quad (3.21)$$

$$\sin \gamma_e = \frac{a}{r_n} = \frac{0.75}{24.5} = 0.030; \quad \gamma_e = 0,0299 \text{ рад} \quad (3.22)$$

$$S = 2r_n \left(\frac{\pi}{N} - \gamma \right) = 2 * 24.5 * \left(\frac{3.14159}{48} - 0.0299 \right) = 1.741 \text{ мм} \quad (3.23)$$

Діаметр $d_{отв}$ посадкового отвору(ф.42 [5]):

$$d_{отв} = 14,2h^{0.37} = 14.2 * 4^{0.37} = 23,7 \text{ мм} \quad (3.24)$$

Отримане значення округлюємо до найближчого стандартного $d_{отв} = 22 \text{ мм}$.

Зовнішній діаметр D_ϕ визначається, як(ф.43 [5]):

$$D_\phi = 3d_{\text{отв}} = 3 * 22 = 66\text{мм} \quad (3.25)$$

Прийmemo значення подачі фрези $s = 0.2$ мм/зуб. Тоді кількість зубців(ф.44 [5]):

$$Z = \frac{0.2D_\phi}{t^{0.5}s^{0.5}} = \frac{0.2 * 66}{4^{0.5}0.2^{0.5}} = 14,831 \quad (3.26)$$

Кількість зубців фрези повинно бути парним, тож прийmemo $Z = 14$.

Прийmemo величину заднього кута при вершині $\alpha_B = 14^\circ$. Знайdemo величину першого затилювання(ф.45 [5]):

$$K = \frac{\pi D_\phi}{Z} tg\alpha_B = \frac{3,14159 * 66}{14} tg14^\circ = 3,685\text{мм} \quad (3.27)$$

Отримане значення округлюемо до 4 мм.

Кут між віссю фрези та дотичною до профіля інструмента у точці різальної кромки(ф.46 [5]):

$$\varepsilon = \left| \arctg \left(\frac{y_{i+1} - y_i}{x_{i+1} - x_i} \right) \right| = \left| \arctg \left(\frac{0.45 - 0}{0.04 - 0} \right) \right| = 84,797^\circ \quad (3.28)$$

$$\alpha_B = \arctg(tg\alpha_B \cos\varepsilon) = \arctg(tg14 * \cos84.797) = 9,843^\circ \quad (3.29)$$

Перевірка умови вірності габаритних розмірів. Прийmemo глибину канавки для шліфувального круга $h_k = 2$ мм. Радіус dna канавки $r = 2$ мм. Розрахуемо $h_{\text{заг}}$ зубця фрези(ф.47 [5]):

$$h_{\text{заг}} = h + 2C + h_k + r = 4 + 0 + 2 + 2 = 8\text{ мм} \quad (3.30)$$

$$\left(\frac{D_\phi - d_{\text{отв}}}{2} - h_{\text{заг}} - K \right) \geq 0,35d_{\text{отв}} \quad (3.31)$$

$$\left(\frac{66 - 22}{2} - 8 - 4 \right) \geq 0,35 * 22$$

$$10 > 7,7$$

Умова виконується.

Визначення другого затилювання(ф.48 [5]):

$$K_1 = (1,25 \dots 1,5)K = 1,4 * 4 = 5,6 \text{ мм} \quad (3.32)$$

Округлимо до $K_1 = 5,5 \text{ мм}$.

Крок зубців по зовнішньому колу $t_{\text{кол}}$ (ф. 49 [5]):

$$t_{\text{кол}} = \frac{\pi D_{\phi}}{Z} = \frac{3,14159 * 66}{48} = 4,3175 \text{ мм} \quad (3.33)$$

Середній розрахунковий діаметр фрези(ф.50 [5]):

$$D_t = D_{\phi} - h = 66 - 4 = 62 \text{ мм} \quad (3.34)$$

Визначимо кут положення стружкової канавки(ф.51 [5]):

$$\omega = \arcsin\left(\frac{t_n}{\pi D_t}\right) = \arcsin\left(\frac{3.2}{3.14159 * 62}\right) = 1.248^{\circ} \quad (3.35)$$

Крок стружкової канавки(ф.52 [5]):

$$H = \frac{\pi D_t}{tg \omega} = \frac{3.14159 * 62}{tg 1,248} = 7780 \text{ мм} \quad (3.36)$$

Всі інші розміри прийемо з конструкторських міркувань.

Згідно отриманих результатів ми отримали профіль та характеристики інструменту, яким можна утворити шліцьовий вал, який задовольняє задані параметри.

4 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИГОТОВЛЕННЯ КОРПУСУ ЗБІРНОЇ ФРЕЗИ

В даному розділі проводиться аналіз та вибір оптимального технологічного процесу для виготовлення корпусу фрези. Всі розрахунки проведено за [6].

Цей розділ включає в себе:

- Аналіз даних для розроблення технологічного маршруту.
- Вибір чотирьох базових технологічних маршрутів виготовлення деталі;
- Побудова узагальненого технологічного маршруту;
- Побудова графа;
- Оцінка потужності маршрутів та вибір найбільш оптимального.

Основні логічні вимоги для виготовлення корпусу збірної фрези Ø175:

- A1. Точність розташування поверхонь;
- A2. Шорсткість прилягаючих поверхонь;
- A3. Точність виготовлення пазів;
- A4. Точність розташування пазів;
- A5. Точність посадкового отвору;
- A6. Шорсткість посадкових поверхонь під пластину;
- A7. Стійкість корпусу;
- A8. Строк служби інструменту;
- A9. Надійність кріплення;
- A10. Низька собівартість;
- A11. Економія матеріалу;
- A12. Зниження собівартості;
- A13. Підвищення техніки безпеки та охорони праці;

- A14. Підвищення екологічної безпеки;
- A15. Підвищення коефіцієнту використання матеріалу;
- A16. Корозійна стійкість;
- A17. Вібростійкість;
- A18. Виготовлення працівниками низької кваліфікації;
- A19. Товарний вигляд.

Систематизовані за групами вимоги до виготовлення корпусу наведені в табл.1.

Таблиця 4. 1 – Надання критерій.

Логічні вимоги до виготовлення корпусу	Група показників
A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7	Технологічна
A8, A9, A16, A17	Експлуатаційна
A10, A11, A12, A13, A14, A15	Економічна

Розробка базових маршрутів

Базові маршрути виготовлення інструментів детально розробляють по кожному з виробничих циклів, а саме:

- Заготівельні інформації;
- Основні механічні;
- Термічні, фінішні операції, які забезпечують підвищення фізико-механічної якості інструмента та операції маркування і пакування.

Базові маршрути виготовлення корпусу

M1 – технологічний процес на основі токарних робіт та чистового і чорнового фрезерування пазів.

M2 – технологічний процес на основі кування заготовок.

M3 – технологічний процес на основі відливання заготовок в металеві форми.

M4 – технологічний процес на основі відцентрового лиття.

Заготівельні операції:

- A₃₁ – Відрізання заготовки;
- A₃₂ – Торцювання заготовки;
- A₃₃ – Свердління та розточування отвору;
- A₃₄ – Точіння заглиблень;
- A₃₅ – Проточування зовнішнього діаметру;
- A₃₆ – Нарізання фаски;
- A₃₇ – Фрезерування пазу під пластини;
- A₃₈ – Фрезерування пазу під клин;
- A₃₉ – Кування заготовки;
- A₃₁₀ – Відпалювання заготовки;
- A₃₁₁ – Зняття окалини;
- A₃₁₂ – Залиття металу в кокіль;
- A₃₁₃ - Чистова проточка отвору;
- A₃₁₄ – Чистове фрезерування пазів;
- A₃₁₅ – Нарізання шліців.

Основні механічні та фінішні операції:

- A_{M1} – Шліфування торців;
- A_{M2} – Шліфування пазів;
- A_{M3} – Шліфування отвору;
- A_{M4} – Гарт в маслі;

А_{М5} – Гарт в соляній ванні;

А_{М6} – Гарт в воді;

Операції підвищення зносостійкості, маркування, пакування:

А_{П1} – Маркування методом ручного штемпелювання;

А_{П2} – Маркування машинним штемпелюванням;

А_{П3} – Маркування методом витравлювання;

А_{П4} – Маркування лазерним гравером;

А_{П5} – Пакування.

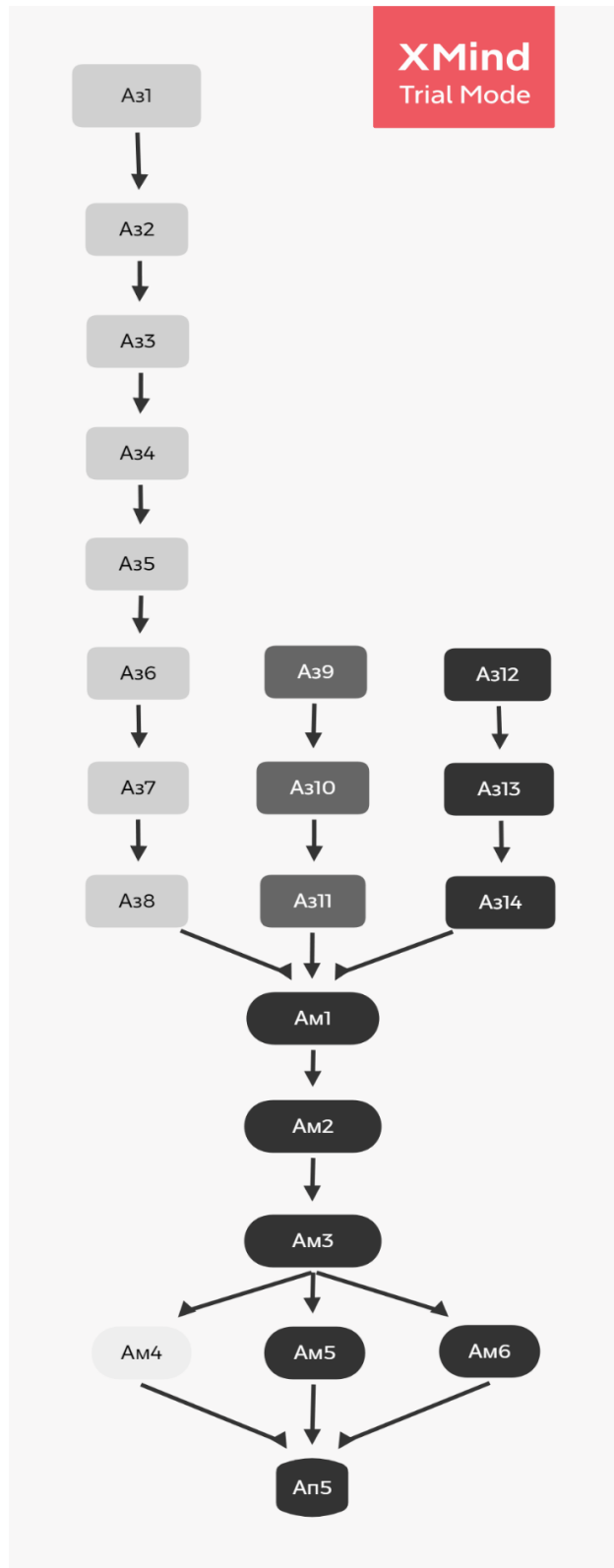
Побудова узагальненого маршруту виготовлення

Таблиця 4. 2 - Загальний маршрут.

Виробничі цикли	Кодування операцій	М1	М2	М3	М4	Узагальнений маршрут
Заготівельний	А ₃₁	+	-	-	-	
	А ₃₂	+	-	-	-	
	А ₃₃	+	-	-	-	
	А ₃₄	+	-	-	-	
	А ₃₅	+	-	-	-	
	А ₃₆	+	-	-	-	
	А ₃₇	+	-	-	-	
	А ₃₈	+	-	-	-	
	А ₃₉	-	+	-	-	
	А ₃₁₀	-	+	-	-	
	А ₃₁₁	-	+	-	-	
	А ₃₁₂	-	-	+	+	
	А ₃₁₃	-	-	+	+	
	А ₃₁₄	-	-	+	+	
	А ₃₁₅	+	+	+	+	
Основні механічні та фінішні	А _{М1}	+	+	+	+	
	А _{М2}	+	+	+	+	
	А _{М3}	+	+	+	+	
	А _{М4}	+	+	-	-	
	А _{М5}	-	-	+	-	
	А _{М6}	-	-	-	+	
Підвищення стійкості та пакування	А _{П1}	+	-	-	-	
	А _{П2}	-	+	-	-	
	А _{П3}	-	-	+	-	
	А _{П4}	-	-	-	+	
	А _{П5}	+	+	+	+	

Побудова узагальненого графу

Таблиця 4. 3 - Граф технологічних маршрутів.



Оцінка технологічних маршрутів виготовлення корпусу за логічними критеріями

Таблиця 4. 3 - Оцінка технологічних маршрутів.

Виробничі цикли	Кодування операцій	Зміст операції	Логічні критерії
Заготівельний	A ₃₁	Відрізання заготовки	A10, A18
	A ₃₂	Торцювання заготовки	A10, A18, A1
	A ₃₃	Свердління та розточування отвору	A5, A17
	A ₃₄	Точіння заглиблень	A19
	A ₃₅	Проточування зовнішнього діаметру	A1, A17, A19, A18
	A ₃₆	Нарізання фаски	A19,
	A ₃₇	Фрезерування пазу під пластини	A1, A2, A3, A4, A6
	A ₃₈	Фрезерування пазу під клин	A1, A2, A3, A4, A17
	A ₃₉	Кування заготовки	A1, A3, A4, A7, A11, A12, A15,
	A ₃₁₀	Відпалювання заготовки	A7, A8, A13, A16
	A ₃₁₁	Зняття окалин	A7, A8, A13, A16
	A ₃₁₂	Залиття металу в кокіль	A1, A3, A4, A10, A11, A15
	A ₃₁₃	Чистова проточка отвору	A1, A5, A8, A9, A17
	A ₃₁₄	Чистове фрезерування пазів	A1, A2, A6, A9, A17
	A ₃₁₅	Протягування шліців	A1, A2, A6, A9, A17
Основні механічні та фінішні	A _{M1}	Шліфування торців	A1, A2, A6, A9, A17, A8, A13, A18, A19
	A _{M2}	Шліфування пазів	A1, A2, A6, A9, A17, A8, A13, A18, A19
	A _{M3}	Шліфування отвору	A1, A2, A6, A9, A17, A8, A13, A18, A19, A5
	A _{M4}	Гарт в маслі	A7, A8, A16
	A _{M5}	Гарт в соляній ванні	A7, A8, A16
	A _{M6}	Гарт в воді	A7, A8, A16, A14, A12
Підвищення стійкості та пакування	A _{П1}	Маркування методом ручного штемпелювання	A10, A12, A19, A18, A14
	A _{П2}	Маркування машинним штемпелюванням	A10, A12, A19, A18, A14
	A _{П3}	Маркування методом витравлювання	A10, A12, A19, A18
	A _{П4}	Маркування лазерним гравером	A10, A12, A19, A18, A14
	A _{П5}	Пакування	A19

Оптимізація технологічних маршрутів виготовлення

Таблиця 4. 4 - Оптимізація маршрутів.

Код операції	Технологічна група				Експлуатаційна група				Економічна група			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
A ₃₁	0	-	-	-	1	-	-	-	0	-	-	-
A ₃₂	1	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-
A ₃₃	1	-	-	-	1	-	-	-	0	-	-	-
A ₃₄	0	-	-	-	0	-	-	-	1	-	-	-
A ₃₅	1	-	-	-	2	-	-	-	1	-	-	-
A ₃₆	0	-	-	-	0	-	-	-	1	-	-	-
A ₃₇	5	-	-	-	0	-	-	-	0	-	-	-
A ₃₈	4	-	-	-	1	-	-	-	0	-	-	-
A ₃₉	-	4	-	-	-	0	-	-	-	3	-	-
A ₃₁₀	-	1	-	-	-	1	-	-	-	2	-	-
A ₃₁₁	-	1	-	-	-	2	-	-	-	1	-	-
A ₃₁₂	-	-	3	3	-	-	0	0	-	-	3	3
A ₃₁₃	-	2	2	2	-	3	3	3	-	0	0	0
A ₃₁₄	-	-	3	3	-	-	2	2	-	-	0	0
A ₃₁₅	3	3	3	3	2	2	2	2	0	0	0	0
A _{M1}	3	3	3	3	4	4	4	4	1	1	1	1
A _{M2}	3	3	3	3	4	4	4	4	1	1	1	1
A _{M3}	4	4	4	4	3	3	3	3	1	1	1	1
A _{M4}	-	1	-	-	-	2	-	-	-	0	-	-
A _{M5}	-	-	1	-	-	-	2	-	-	-	0	-
A _{M6}	-	-	-	1	-	-	-	2	-	-	-	2
A _{П1}	0	-	-	-	2	-	-	-	3	-	-	-
A _{П2}	-	0	-	-	-	2	-	-	-	3	-	-
A _{П3}	-	-	0	-	-	-	2	-	-	-	2	-
A _{П4}	-	-	-	0	-	-	-	2	-	-	-	3
A _{П5}	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
$\sum C_{ij}$	22	18	19	19	20	22	21	21	10	12	8	11
$\sum A_{ij}$	13	10	9	9	13	10	9	9	13	10	9	9
N_i	1,69	1,8	2,11	2,11	1,53	2,2	2,3	2,3	0,76	1,2	0,88	1,22

Визначення загальних потужностей технологічних процесів

Таблиця 4. 5 - Визначення потужностей процесів.

	M1	M2	M3	M4	M _{опт}
A ₃₁	2	-	-	-	-
A ₃₂	3	-	-	-	-
A ₃₃	2	-	-	-	-
A ₃₄	1	-	-	-	-
A ₃₅	4	-	-	-	-
A ₃₆	1	-	-	-	-
A ₃₇	4	-	-	-	-
A ₃₈	4	-	-	-	-
A ₃₉	-	6	-	-	-
A ₃₁₀	-	4	-	-	-
A ₃₁₁	-	3	-	-	-
A ₃₁₂	-	-	6	6	6
A ₃₁₃	-	5	5	5	5
A ₃₁₄	-	4	4	4	4
A ₃₁₅	3	3	3	3	3
A _{M1}	8	8	8	8	8
A _{M2}	8	8	8	8	8
A _{M3}	9	9	9	9	9
A _{M4}	-	3	-	-	-
A _{M5}	-	-	5	-	5
A _{M6}	-	-	-	3	-
A _{П1}	5	-	-	-	-
A _{П2}	-	5	-	-	-
A _{П3}	-	-	4	-	-
A _{П4}	-	-	-	5	5
A _{П5}	1	1	1	1	1
$\sum C_{ij}$	49	46	50	49	51
$\sum A_{ij}$	13	11	9	9	9
N_i	3,76	4,18	5,55	5,44	5,66

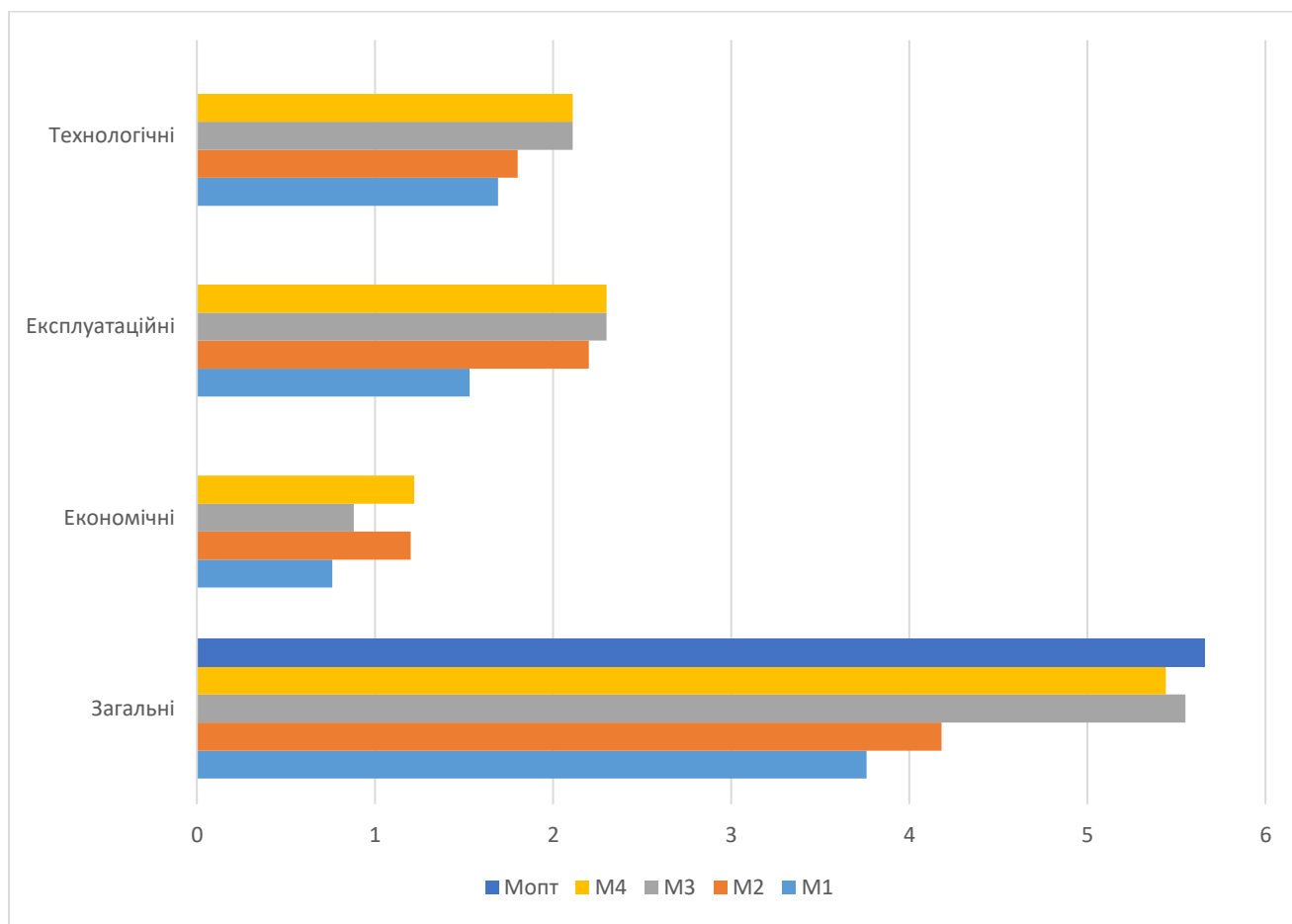
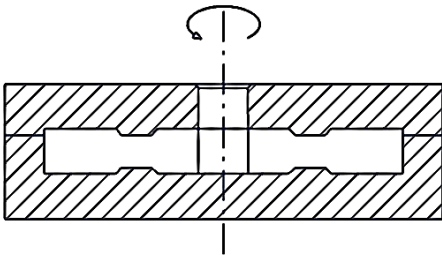
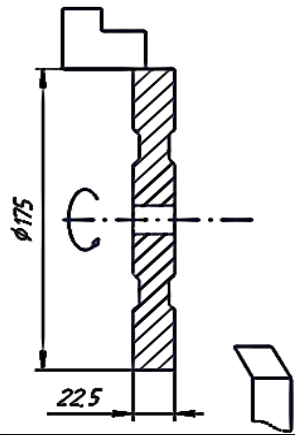
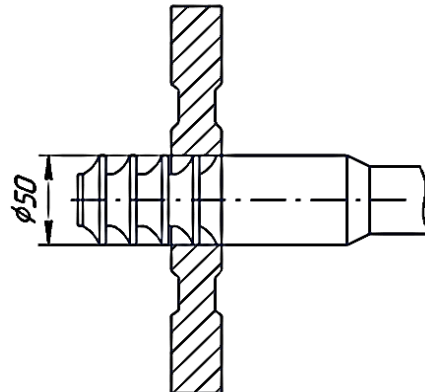
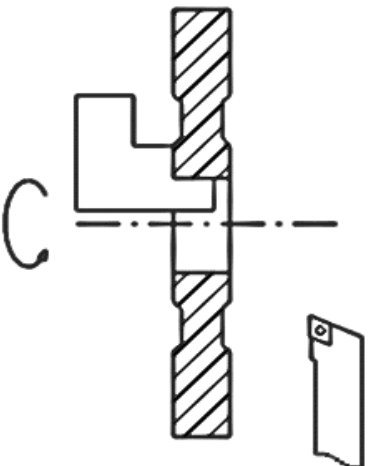
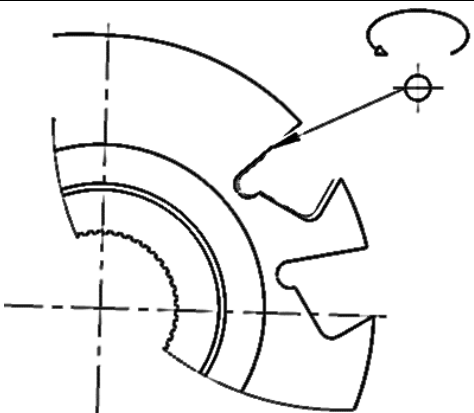
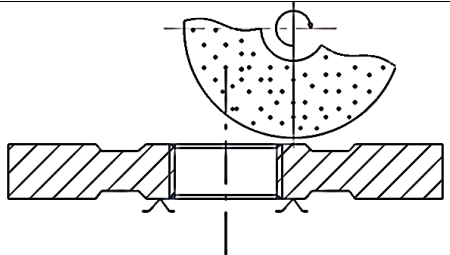
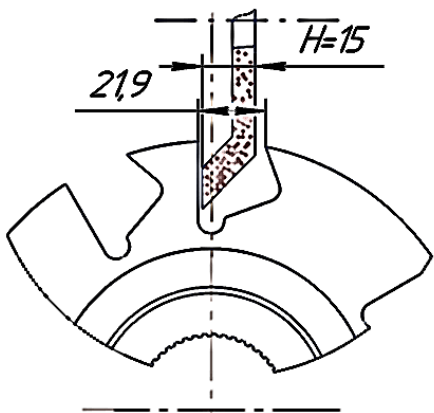


Рис. 4. 1 - Діаграма потужностей

Оптимальний технологічний процес виготовлення корпусу фрези

№	Найменування операції	Ескіз операції	Верстат, інструмент	Пристосування
005	Отримання заготовки методом відцентрового лиття		Станок для відцентрового лиття ЦЛВ-536	—
010	Токарно-револьверна: <ul style="list-style-type: none"> Підрізати торець Розточка виточки Розсвідлювання отвору 		Станок 1В340	Трикулачковий патрон
015	Протяжна		Станок 7А510	База торець і отвір

020	<p>Токарна:</p> <ul style="list-style-type: none"> Обточка зовнішнього діаметру Підрізання торців Зняття фаски 		Станок 15K20	Трикулачковий патрон
025	<p>Фрезерна:</p> <ul style="list-style-type: none"> Фрезерування пазу під пластини Фрезерування елементів для заклинення 		Фрезерний верстат з ЧПК	Оправка
030	Термічна		Напівавтоматичний верстат для комплексної термообробки	—
035	Шліфування торців та буртиків		Верстат плоскошліфувальний 3Б722	Магнітна плита верстату
040	Шліфування поверхонь під різальну пластину		Станок шліфувальний	Спеціальне пристосування

045	Маркування	—	—	—
050	Контроль деталі	—	—	—
055	Пакування	—	—	—

4.1 Розрахунок режимів різання

Оберемо чотири основних переходи з технологічного процесу виготовлення корпусу насадної фрези та розрахуємо режими різання для цих операцій.

На першому переході обточується зовнішній діаметр корпусу з $\varnothing 180$ мм до $\varnothing 177$ мм. Для виконання операції було обрано токарно-револьверний верстат 1В340 та токарний різець з напаяними пластина Т5К10.

Визначимо глибину різання за формулою:

$$t = \frac{D - d}{2} \quad (4.1)$$

де, D – початковий діаметр заготовки, $D = 180$ мм;

d – діаметр після оброблення, $d = 177$ мм.

Тоді,

$$t = 1.5 \text{ мм}$$

За [7] табл. 11 с.266 при зовнішньому чорновому точінні для наших параметрів подача $S = 0.8 - 1.3$ мм/об.

Визначимо швидкість різання:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v \quad (4.2)$$

де, T – стійкість інструменту;

C_v, m, x, y – коефіцієнт і степені;

K_v – коефіцієнт для визначення швидкості.

За [7] с.268 стійкість інструменту $T = 45$ хв.

Також з [7] табл.17 с.269 випишемо значення коефіцієнтів та степеней:

$$C_v = 340, m = 0,3, x = 0,15, y = 0,45.$$

Значення поправочного коефіцієнту:

$$K_v = K_M K_\Pi K_H K_\varphi \quad (4.3)$$

Коефіцієнт, який враховує матеріал визначаємо за:

$$K_M = K_T \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1 \left(\frac{750}{600} \right)^{1,75} = 1,47 \quad (4.4)$$

Значення для розрахунку було вибрано з [7] табл.2 с.262.

Всі інші коефіцієнти підберемо з [7] табл.5 с.263.

$$K_v = 1,47 * 0,8 * 0,65 * 1 = 0,76 \quad (4.5)$$

Тоді,

$$V = \frac{340}{45^{0,3} * t^{0,15} * 1^{0,45}} 0,76 = 20,47 \frac{\text{м}}{\text{хв}}. \quad (4.6)$$

Визначення частоти обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = 36,62 \text{ об/хв} \quad (4.7)$$

З технологічного паспорту верстату приймемо дійсну частоту обертаття

$$n = 40 \text{ об/хв}.$$

Визначимо дійсну швидкість різання, як:

$$V = \frac{\pi D n}{1000} = 22.35 \text{ м/хв} \quad (4.8)$$

Визначимо тангенціальну силу різання:

$$P_z = 10 C_p t^x S^y V^n K_p \quad (4.9)$$

де, C_p, x, y, n – коефіцієнт та показники степені для визначення сили різання;

K_p – поправочний коефіцієнт.

З [7] табл.22 с.273 випишемо значення коефіцієнтів та степеней: $C_p = 300, x = 1, y = 0,75, n = -0.15$.

Розрахуємо поправочний коефіцієнт:

$$K_p = K_M K_\phi K_\gamma K_\lambda = 1,47 \quad (4.10)$$

де, $K_M = 1,47$ – коефіцієнт з врахування матеріалу;

$K_\phi = 1$ – коефіцієнт, який враховує головний кут в плані різця;

$K_\gamma = 1$ – коефіцієнт, який враховує передній кут інструмента;

$K_\lambda = 1$ – коефіцієнт, який враховує нахил леза різця.

Тоді:

$$P_z = 1767,24 \text{ Н}$$

Розрахуємо режими різання для наступного переходу, а саме протягування шліцевого з'єднання. Для цієї операції було обрано протягувальний верстат 7А510 та шліцеву протяжку.

Спочатку визначимо сумарну довжину лез всіх зубів:

$$\sum B = \frac{B_{z1}}{Z_c} \quad (4.11)$$

де, B – периметр різання;

$Z_c = 1$ – число зубів в секції, підібрано з [7] с.299.

z_1 – найбільше число одночасно різальних зубів.

Число одночасно різальних зубів визначають за формулою:

$$z_l = \frac{l}{t} \quad (4.12)$$

де, $l = 22,5$ – довжина оброблюваної поверхні;

$t = 2$ мм – крок різальних зубців.

Тоді, число зубців дорівнює:

$$z_l \approx 11$$

З [7] табл.53 с.299 група швидкості різання при протягування перша.

З [7] табл.52 с.299 при першій групі швидкості різання для шліцевих протяжок $V = 8$ м/хв.

За [7] табл.54 с.300 при подачі на зуб $S = 0.05$ мм/зуб сила різання на лезо зуба $P = 290$ Н.

Тоді, сила загальна сила різання при протягуванні:

$$P_z = P \sum B = 5839,8 \text{ Н} \quad (4.13)$$

Наступним переходом приймемо чистове фрезерування пазу для закріплення пластин. Для цієї операції було обрано чотирьох зубу кінцеву фрезу, виготовлену з швидкорізальної сталі Р6М5.

При чистовому фрезеруванні вихідною величиною подачі являється подача на один оборот фрези S , за якою розраховують подачу на один зуб:

$$S_z = \frac{S}{Z} \quad (4.14)$$

З [7] табл.37 с.285 виберемо подачу на оборот фрези $S = 0,5$ мм/об.

Отже,

$$S_z = 0,12 \text{ мм/зуб}$$

Швидкість різання знаходиться за формулою:

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S_z^y B^u z^p} K_v \quad (4.15)$$

де, T – стійкість інструменту;

C_v, m, x, y, u, p, q – коефіцієнт і степені;

K_v – коефіцієнт для визначення швидкості.

З [7] табл.39 с.287 виберемо значення коефіцієнтів та степеней: $C_v = 46,7$,
 $m = 0,33$, $x = 0,5$, $y = 0,5$, $u = 0,1$, $p = 0,1$, $q = 0,45$.

Загальний поправочний коефіцієнт знаходиться, як:

$$K_v = K_M K_\Pi K_\Pi = 1,47 \quad (4.16)$$

де, $K_M = 1,47$ – коефіцієнт, який враховує якість матеріалу;

$K_\Pi = 1$ – коефіцієнт, що залежить від поверхні заготовки;

$K_\Pi = 1$ – коефіцієнт, що залежить від інструментального матеріалу.

Отже,

$$V = \frac{46,7 * 8^{0,45}}{40^{0,33} 0,1^{0,5} 0,12^{0,5} 98^{0,1} 4^{0,1}} 1,47 = 260 \text{ м/хв} \quad (4.17)$$

Визначення головної складової сили різання:

$$P_z = \frac{10C_p t^x s_z^y B^n Z}{D^q n^w} K_{MP} \quad (4.18)$$

де, C_p, w, x, y, u, q, n – коефіцієнт і степені;

$K_{MP} = 1.47$ – коефіцієнт для визначення швидкості.

З [7] табл.41 с.291 виберемо значення коефіцієнтів та степеней: $C_p = 82$,
 $n = 0.33$, $x = 0.75$, $y = 0.6$, $u = 1$, $w = 0$, $q = 0.86$.

Отже,

$$P_z = \frac{10 * 82 * 0,1^{0,75} * 0,12^{0,6} * 98^{0,33} * 4}{8^{0,86} * 1} 1,47 = 182,45 \text{ Н} \quad (4.19)$$

Четвертий перехід, для якого розрахуємо режими різання – шліфування торцевих. Було обрано плоско-шліфувальний верстат 3Б722 та шліфувальний круг ПП 150х20х20. Для визначення режимів різання під час шліфування необхідно розрахувати ефективну потужність і порівняти її з дозволеною потужністю верстата.

Ефективна потужність знаходиться як:

$$N = C_N V_3^r t^x S^y d^q \quad (4.20)$$

де, C_N, r, x, y, q – коефіцієнт і степені;

V_3 – швидкість поступального руху заготовки;

t – глибина шліфування;

S – поздовжня подача;

$d=76$ мм – діаметр шліфування.

За [7] табл.55 с.302 при плоскому шліфуванні швидкість круга $V_k = 30$ м/с, швидкість заготовки $V_3 = 25$ м/хв, глибина шліфування $t = 0.01$ мм, поздовжня подача $S = 0.6B = 12$ мм/хід.

За [7] табл.56 с.303 для плоского шліфування при зернистості круга 50 - $C_N = 0.52, r = 1, x = 0.8, y = 0.8, q = 0$.

Отже,

$$N = 0,52 * 25^1 * 0,01^{0,8} * 12^{0,8} * 76^0 = 2,38 \text{ кВт} \quad (4.21)$$

З технічних характеристик верстату потужність двигуна $N_{\text{дв}} = 3.5$ кВт.

Отже потужність обробки не менше за $N_E = \frac{3}{4} N_{\text{дв}} = 2.625$ кВт. Можна зробити висновок, що дану операцію можна виконувати на цьому верстаті.

4.2 Розрахунок припусків

Припуск – це шар матеріалу, що виділяється з поверхні заготовки в процесі оброблення з метою досягнення максимальної точності поверхні деталі. Припуск передбачає компенсацію всіх нерівностей, які виникають в процесі утворення заготовок та в процесі обробки [8].

Зазвичай розрахунок припусків оформляється у вигляді розрахункової карти. Проведемо такий розрахунок в певному порядку та опираючись на робоче креслення деталі та технологічний процес механічної обробки фрезерування та шліфування пазів під пластину.

Призначимо значення $R_z, T, \rho, \varepsilon_y$ та допуски на всі переходи. Значення підбираємо з таблиць за [8] та внесемо їх в таблицю 4.1.

Сумарне значення просторових відхилень для заготовок даного типу визначають, як:

$$\rho = \sqrt{\rho_{\text{кор}1}^2 + \rho_{\text{см}1}^2} \quad (4.22)$$

де $\rho_{\text{кор}}$ – короблення відливку, $\rho_{\text{см}}$ – зміщення стержня.

$$\rho_{\text{кор}} = \Delta_k L = 0,8 * 175 = 140 \text{ мкм}$$

де Δ_k – питоме короблення (табл. 22 [8]), L – найбільший розмір заготовки.

Значення $\rho_{\text{см}}$ визначається з ГОСТ 2009-55.

Отже,

$$\rho = \sqrt{\rho_{\text{кор}1}^2 + \rho_{\text{см}1}^2} = \sqrt{140^2 + 400^2} = 423,792 \text{ мкм}$$

Залишкове короблення:

$$\rho_{\text{зал}} = k\rho \quad (4.23)$$

Для чорнового фрезерування:

$$\rho_{\text{зал}} = k\rho = 0,05 * 423 = 21 \text{ мкм}$$

Для чистового:

$$\rho_{\text{зал}} = k\rho = 0,005 * 423 = 2 \text{ мкм}$$

Похибка базування в нашому випадку знаходиться за формулою:

$$\varepsilon_{\text{баз}} = \delta_1 + \delta_2 + 2\Delta \quad (4.24)$$

$\delta_1 = 0,021\text{мм}$ – допуск на діаметр отвору;

$\delta_2 = 0,013\text{мм}$ – допуск на діаметр пальця;

$\Delta = 0,007\text{мм}$ – мінімальний зазор посадки заготовки на палець.

$$\varepsilon_{\text{баз}} = 0,021 + 0,013 + 0,014 = 0,048 = 48 \text{ мкм}$$

Погрішність закріплення заготовки приймемо 100 мкм.

Тоді

$$\varepsilon_{\text{уст}} = \sqrt{\varepsilon_{\text{баз}1}^2 + \varepsilon_{\text{зак}1}^2} = \sqrt{2304 + 10000} = 110 \text{ мкм}$$

Залишкова погрішність встановлення:

При чорновому фрезерування $\varepsilon_{\text{уст}} = 0,05 * 110 = 6\text{мкм}$;

При чистовому – $\varepsilon_{\text{уст}} = 0,005 * 110 = 1\text{мкм}$.

Тепер виконаємо розрахунок мінімальних значень між операційних припусків:

$$Z_{min} = R_{z1} + T + \sqrt{\rho^2 + \varepsilon^2} \quad (4.25)$$

При чорновому фрезеруванні $Z_{min} = (400 + \sqrt{423^2 + 110^2}) = 837$ мкм

При чистовому – $Z_{min} = (100 + \sqrt{21^2 + 6^2}) = 121$ мкм

При шліфуванні чорновому $Z_{min} = (50 + \sqrt{2^2 + 1^2}) = 52$ мкм

При шліфуванні чистовому $Z_{min} = (20 + \sqrt{2^2 + 1^2}) = 22$ мкм

Товщина деталі після шліфування – 22,4h13

Розрахунковий розмір визначаємо для найбільшої ділянки починаючи з останньої операції:

Для чистового фрезерування $d_{p2} = 25,890 - 0,2 = 25,690$ мм;

Для чорнового фрезерування $d_{p1} = 25,690 - 0,68 = 25,010$ мм;

Для заготовки $d_{заг} = 25,010 - 3,8 = 21,21$ мм.

Значення допуску для кожної операції вибираємо по таблицях[7].

Найменші граничні розміри визначаються відніманням допусків від найбільших граничних розмірів:

$$d_{min4} = 25,893 - 0,03 = 25,863$$

$$d_{min3} = 25,863 - 0,3 = 25,590 \text{ мм};$$

$$d_{min2} = 25,690 - 0,7 = 24,990 \text{ мм};$$

$$d_{min1} = 25,010 - 1,3 = 23,710 \text{ мм};$$

$$d_{min3ag} = 21,21 - 2,0 = 19,210 \text{ мм.}$$

Визначення максимального граничного значення Z_{max}^{np} :

$$Z_{max4}^{np} = 25,863 - 25,590 = 0,273 \text{ мм} = 273 \text{ мкм};$$

$$Z_{max3}^{np} = 25,590 - 24,990 = 0,6 \text{ мм} = 600 \text{ мкм};$$

$$Z_{max2}^{np} = 24,990 - 23,710 = 1,28 \text{ мм} = 1280 \text{ мкм};$$

$$Z_{max1}^{np} = 23,710 - 19,210 = 4,5 \text{ мм} = 4500 \text{ мкм}.$$

Визначення мінімального граничного значення Z_{min}^{np} :

$$Z_{min4}^{np} = 25,893 - 25,863 = 0,03 \text{ мм} = 30 \text{ мкм};$$

$$Z_{min3}^{np} = 25,863 - 25,690 = 0,173 \text{ мм} = 173 \text{ мкм};$$

$$Z_{min2}^{np} = 25,690 - 25,010 = 0,68 \text{ мм} = 680 \text{ мкм};$$

$$Z_{min1}^{np} = 25,010 - 21,2 = 3,81 \text{ мм} = 3810 \text{ мкм}.$$

Отже, Z_{Omin} і Z_{Omax} визначаємо сумуючи проміжні припуски:

$$Z_{Omin} = 30 + 173 + 680 + 3810 = 4693 \text{ мкм};$$

$$Z_{Omax} = 273 + 600 + 1280 + 4500 = 6653 \text{ мкм}.$$

Загальний номінальний припуск знайдемо, як:

$$Z_{Oном} = Z_{Omin} + B_{заг} - B_{дет} = 4693 + 1000 - 30 = 5663 \text{ мкм};$$

Таблиця 4. 6 – Припуски на обробку.

Технологічні переходи	Елементи припуску, мкм						Граничні розміри, мм		Граничні розміри припусків, мм	
	R_z	T	ρ	ε_y			d_{min}	d_{max}	$Z_{min}^{пр}$	$Z_{max}^{пр}$
Заготівка (відливки)	200	200	423	-		21,21	19,210	21		
Фрезерування (чорнове)	50	50	21	110	837	25,010	23,710	25	3,81	4,5
Фрезерування (чистове)	25	25	2	6	121	25,690	24,990	25,7	0,68	1,28
Шліфування (чорнове)	5	15	-	1	52	25,890	25,590	25,9	0,2	0,6
Шліфування (чистове)	5	15	-	1	22	25,893	25,863	25,9	0,03	0,273
Висновок	-	-	-	-	-	-	-	-	4693	6653

5 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

5.1 Аналіз початкових даних

При складанні технологічного процесу для виготовлення корпусу фрези, постало питання, яким чином обробити площину прилягання різальних пластинок до корпусу, а саме, як виконати фінішне шліфування поверхні. За предмет проектування було обрано пристосування призначене для закріплення та руху заготовки під-час шліфування пазів для кріплення твердосплавних пластин в корпусі насадної фрези.

Базовим елементом, який буде обертати заготовку навколо своєї осі було вибрано поворотний стіл № 04.30.00.00 (рис. 5.1) з «Атласу креслень загального виду для деталювання» [10].

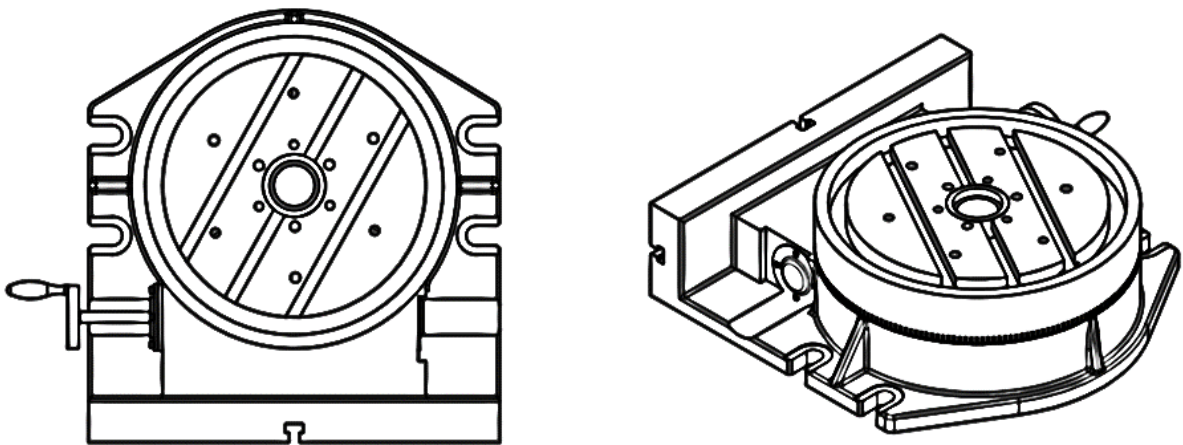


Рис. 5. 1 - Поворотний стіл

Обертання столу здійснюється механічно черв'ячною передачею, а на самому столі вигравірувані мітки кута повороту столу. Як можна побачити з ескізу, в центрі столу знаходиться отвір діаметром 33 мм та шість отворів з

різьбою М8, саме ці елементи будуть використовуватись для базування та фіксації пристосування.

Щоб переміщати заготовку перпендикулярно до осі обертання шліфувального круга було спроектовано пристосування, яке з допомогою ШВП та направляючої забезпечують необхідний рух (рис. 5.2).

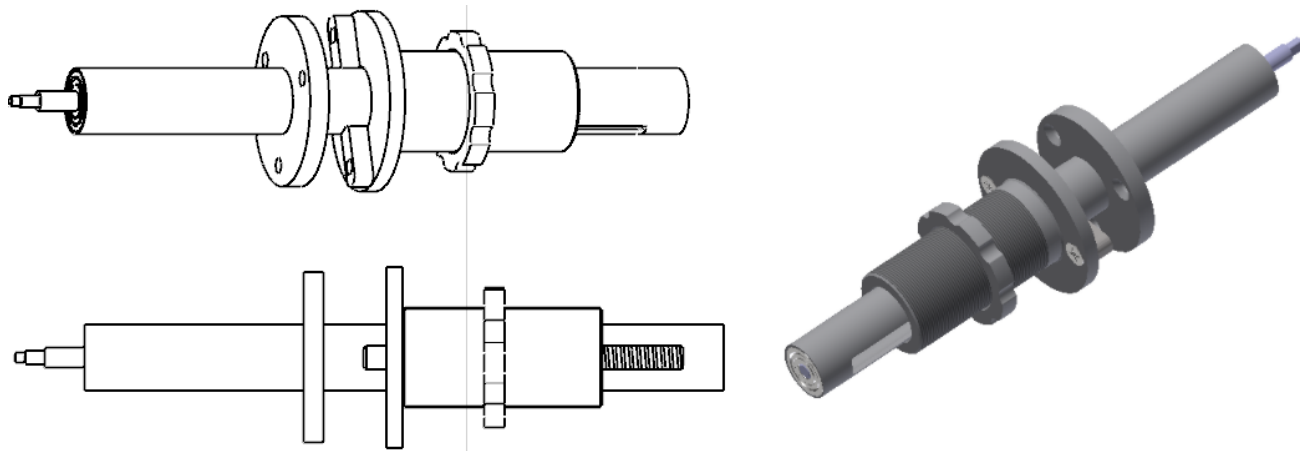


Рис. 5. 2 - Вузол, який відповідає за поперечне переміщення

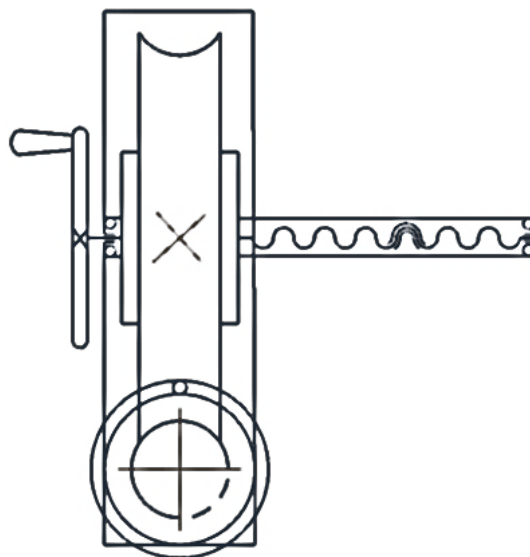


Рис. 5. 3 - Кінематична схема пристосування

Для подальшої розробки конструкції необхідно визначити сили затиску заготовки[10]. Так як у даній конструкції обрано різбовий метод затиску, розрахунок має наступний вигляд(с.23 [10]):

$$W = \frac{Pl}{r_{cp} * tg(\psi + \varphi_{пр}) + \frac{1}{3}\mu \frac{D_H^3 - D_B^3}{D_H^2 - D_B^2}}. \quad (5.1)$$

де:

l – довжина рукоятки, прийmemo 600 мм;

r_{cp} - кут підйому різьби, в нашому випадку 24,025 мм;

ψ - кут підйому різьби;

φ_T - кут тертя;

$\mu=0,334$ - коефіцієнт тертя на плоскому торці;

$D_H=50$ мм - зовнішній діаметр різьби;

$D_B=46,319$ мм - внутрішній діаметр різьби.

Визначення кута підйому:

$$tg\psi = \frac{p}{\pi r_{cp}} = \frac{3}{2\pi * 24,025} = tg0,019 = 0,019 = 1 \text{ град} \quad (5.2)$$

Визначення кута тертя:

$$tg\varphi_T = \frac{f}{\cos 30^\circ} = \frac{0.4}{\cos 30^\circ} = tg0.465 = 0,5 = 25 \text{ град} \quad (5.3)$$

Тоді, розрахунок сил затиску:

$$W = \frac{Pl}{r_{cp} * tg(\psi + \varphi_{np}) + \frac{1}{3} \mu \frac{D_H^3 - D_B^3}{D_H^2 - D_B^2}} = \quad (5.4)$$

$$= \frac{150H * 600mm}{24,025 * tg(0,019 + 0,5) + \frac{1}{3} 0,334 \frac{50_H^3 - 46,319_B^3}{50_H^2 - 46,319_B^2}} = 1600 \text{ кгс}$$

Наступний крок розрахунку пристосування – це визначення похибки базування.

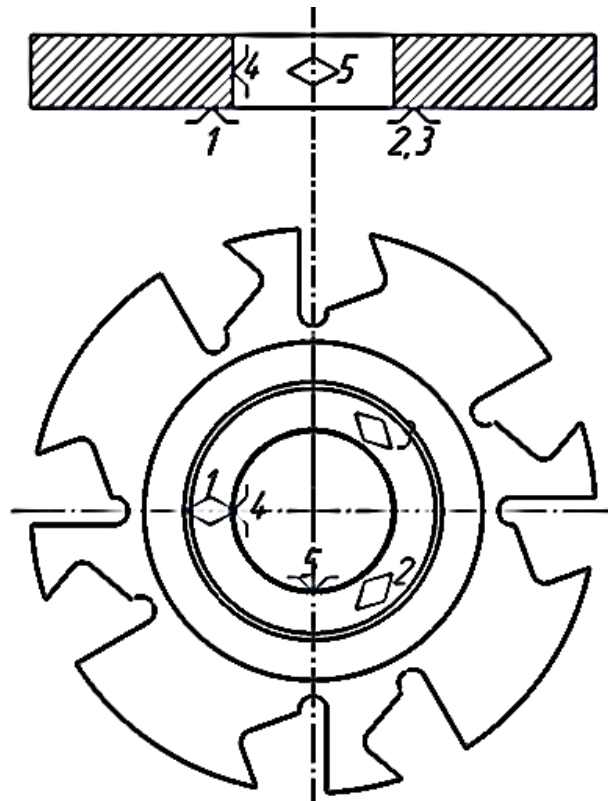


Рис. 5. 4 - Схема базування.

На рисунку 4.4 зображено схему базування заготовки на пристосуванні. Точки 1,2,3 – це установчі бази, а точки 4 і 5 – направляючі бази. Похибка установки $\varepsilon_{уст}$ визначається з похибки на базування $\varepsilon_{баз}$, похибки закріплення $\varepsilon_{зак}$ та похибки пристрою $\varepsilon_{пр}$.

$$\varepsilon_{уст} = \sqrt{\varepsilon_{баз}^2 + \varepsilon_{зак}^2 + \varepsilon_{пр}^2} \quad (5.5)$$

Розрахунок похибки на базування:

$$\varepsilon_6 = \Delta d \quad (5.6)$$

$d=50_{-0,03}$ – діаметр отвору, звідси $\Delta d=0,03$ мм.

Похибку закріплення підберемо згідно додатку [10, с.168].

Похибку пристрою вибирають в мінімальних значеннях, якщо виконані всі умови базування та проектування. Зазвичай вона коливається в межах $\varepsilon_{пр} = 10 \div 50$ мкм, тож для нашого розрахунку приймемо більше з цих значень.

Опираючись на вище зазначене розрахуємо похибку базування заготовки:

$$\varepsilon_{уст} = \sqrt{30^2 + 100^2 + 50^2} = 115 \text{ мкм} \quad (5.7)$$

Отримані розрахунки задовольняють параметри використання пристосування.

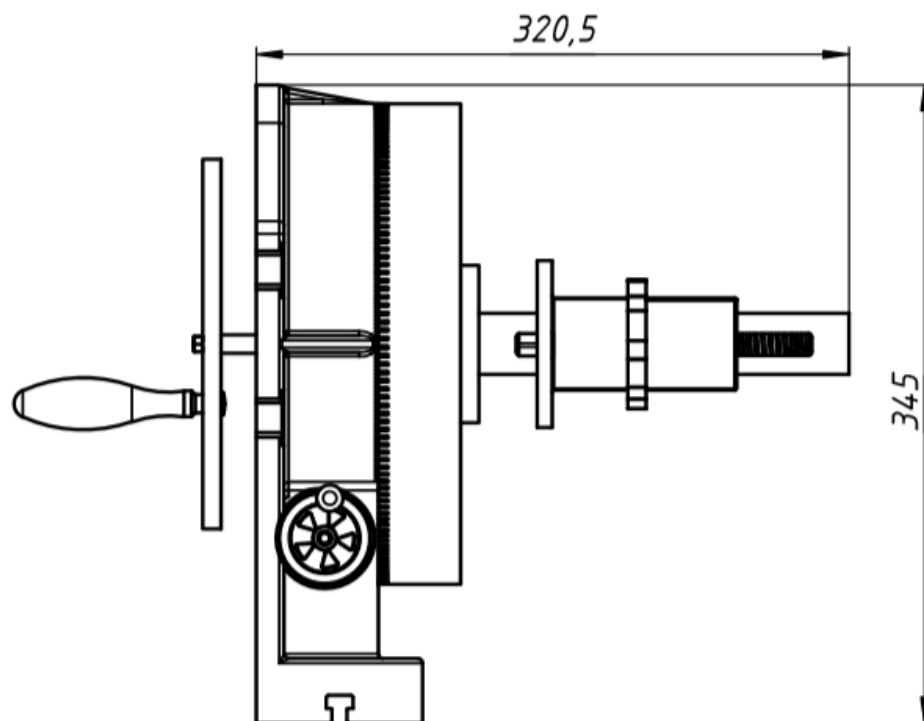


Рис. 5. 5 - Габарити пристосування.

Щоб обробити паз для різальної пластини, заготовку потрібно закріпити на оправці 5 і притягнути торцем до упору гайкою 4, які знаходяться на направляючій 6. При обертанні рукоятки 7, яка зв'язана з оправкою 5 за допомогою ШВП заготовка здійснює поперечний рух. Пристосування 6 жорстко прикріплене до столу 3. При обертанні рукоятки 1 деталь разом з пристосування здійснює обертання, яке забезпечує перехід на наступний паз корпусу фрези (рис. 5.6).

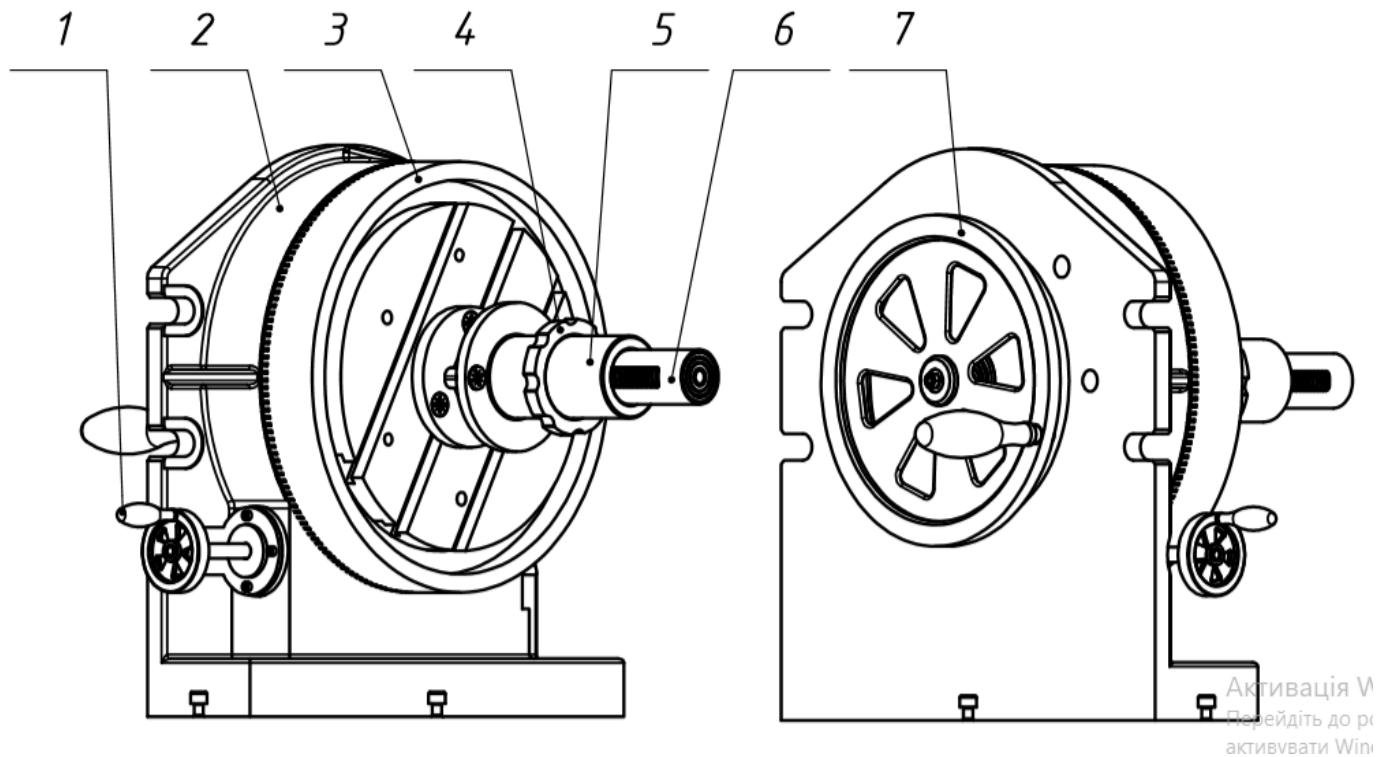


Рис. 5.6 - Деталювання основних вузлів пристосування.

На рис. 5.7 зображено 3D модель пристосування з встановленою заготовкою.

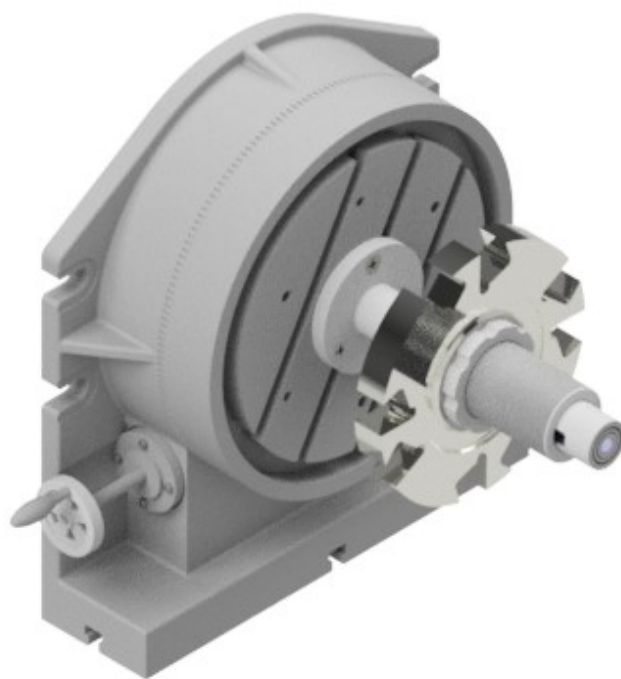


Рис. 5.7 - 3D модель пристосування.

6 ВИГОТОВЛЕННЯ КОРПУСУ ФРЕЗИ НА ВЕРСТАТІ З ЧПК. НАПИСАННЯ ВИКОНАВЧОЇ ПРОГРАМИ

Виготовлення деталей складної конфігурації, для яких необхідно виконати велику кількість операцій доцільно використовувати верстати з ЧПК. Обробка з допомогою таких верстатів дозволяє значно скоротити час на виготовлення деталі.

Як правило, верстат з ЧПК виконує свою роботу під керуванням виконавчої програми, так званим G-кодом, який генерується в спеціалізованих САМ програмах на базі 3D моделі елемента.

Для написання програми виготовлення корпусу фрези було використано програму “Inventor CAM” з раніше створеною моделлю деталі.

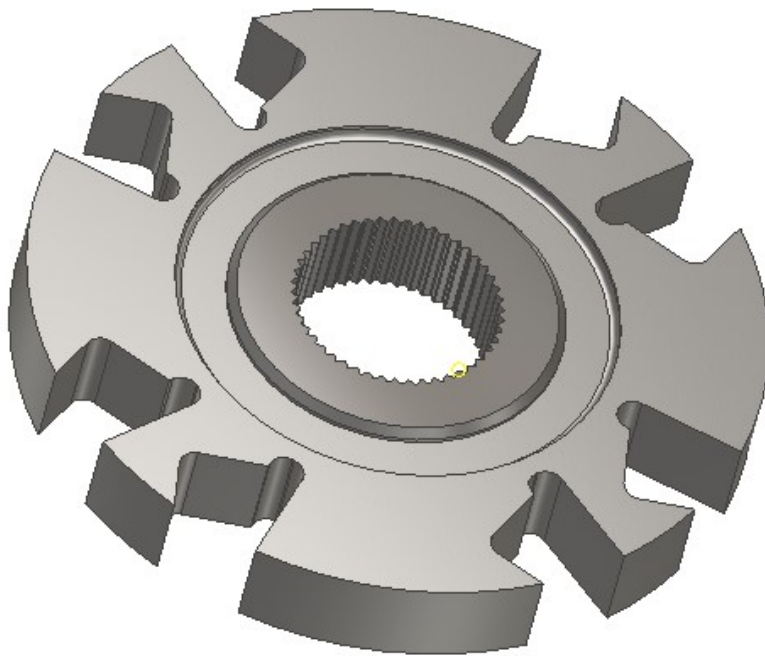
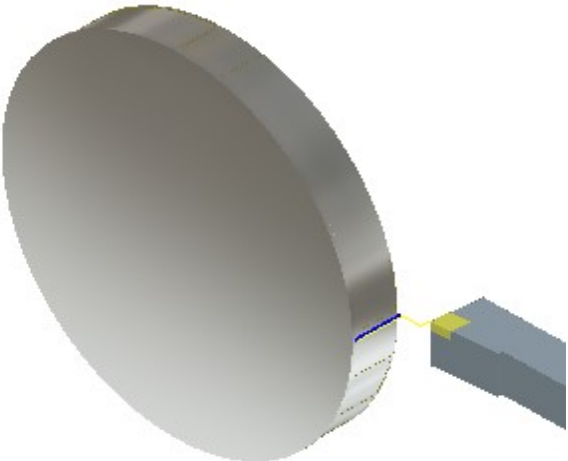
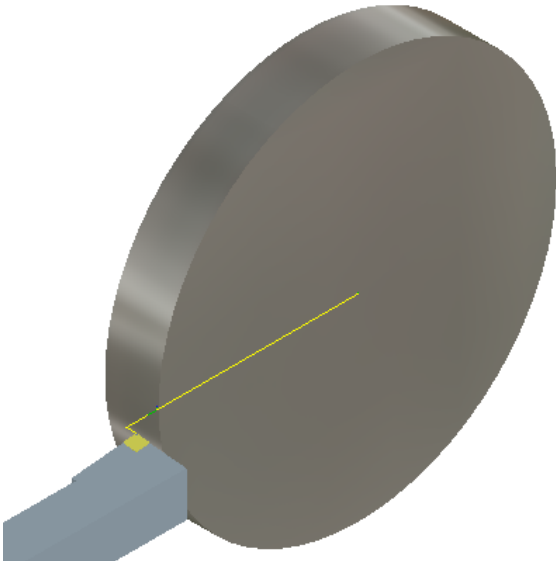
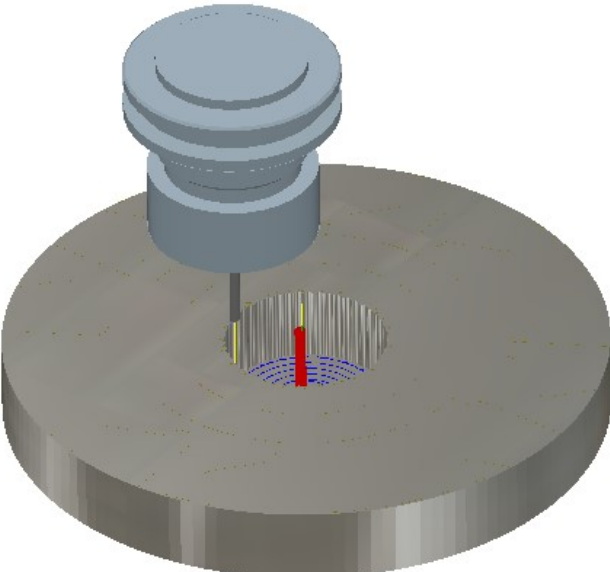
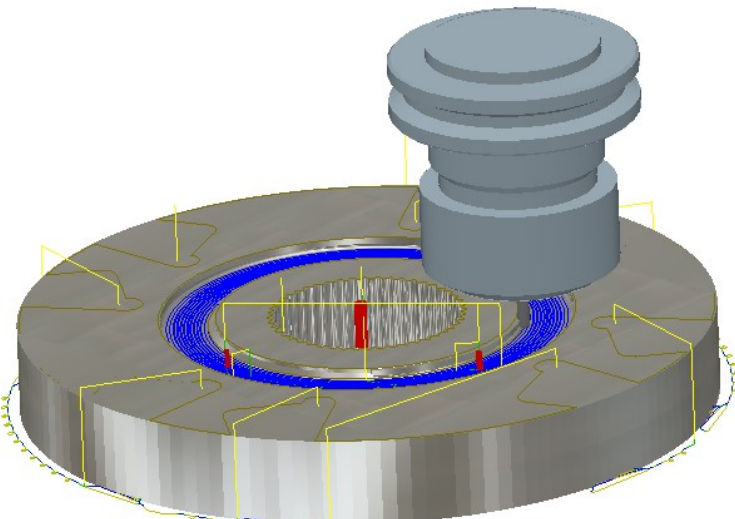
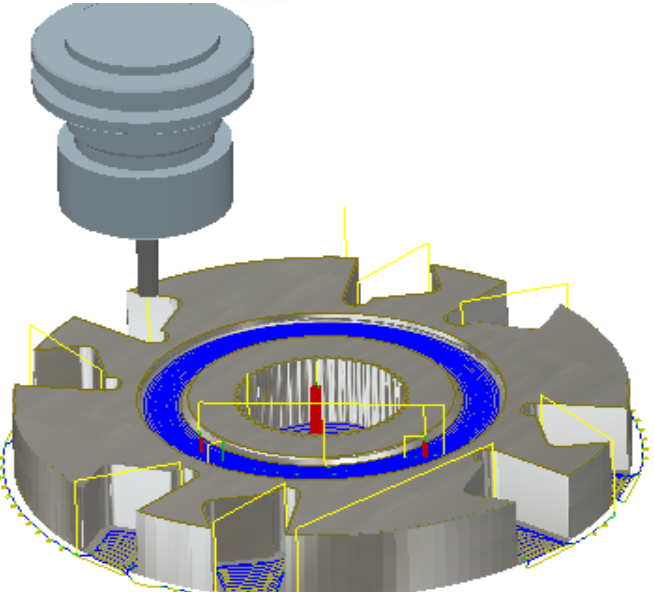


Рис. 6. 1 - Корпус насадної фрези

Розглянемо чорнові операції виготовлення деталі:

<p>Чорнова обробка зовнішнього діаметру. Верстат: HAAS Turning; Інструмент: CNMT308, Т-подібного перерізу, 80-градусний ромб.</p>	
<p>Торцювання. Верстат: HAAS Turning; Інструмент: CNMT308, Т-подібного перерізу, 80-градусний ромб.</p>	
<p>Фрезерування отвору. Верстат: Siemens SINUMERIK 840D; Інструмент: 3mm Flat Endmill.</p>	

<p>Фрезерування виточки. Верстат: Siemens SINUMERIK 840D; Інструмент: 3mm Bullnose Endmill.</p>	
<p>Фрезерування пазів. Верстат: Siemens SINUMERIK 840D; Інструмент: 6 mm Flat Endmill.</p>	

Обробивши заготовку можна згенерувати G-код для роботи верстату з ЧПК (рис.6.2).

В результаті ми отримали дані для виготовлення корпусу фрези на станку з ЧПК. Також за цим прикладом можна розробити керуючу програму для решти деталей нашого інструменту.

5408	N27030	X62.81	Y-0.245			
5409	N27035	X62.89	Y-0.462			
5410	N27040	X63.027	Y-0.649			
5411	N27045	X63.209	Y-0.792			
5412	N27050	X63.424	Y-0.88			
5413	N27055	X63.497	Y-0.891			
5414	N27060	X63.571	Y-0.895			
5415	N27065	G3	X63.593	Y0.75	I-0.007	J0.823
5416	N27070	G1	X62.97			
5417	N27075	X62.82	Y0.743			
5418	N27080	X62.676	Y0.7			
5419	N27085	X62.495	Y0.569			
5420	N27090	X62.358	Y0.394			
5421	N27095	X62.275	Y0.186			
5422	N27100	X62.254	Y-0.036			
5423	N27105	X62.296	Y-0.255			
5424	N27110	X62.397	Y-0.454			
5425	N27115	X62.55	Y-0.616			
5426	N27120	X62.743	Y-0.729			
5427	N27125	X62.959	Y-0.784			
5428	N27130	X63.028	Y-0.782			
5429	N27135	G3	X62.97	Y0.75	I-0.085	J0.764
5430	N27140	G1	X62.422			
5431	N27145	X62.272	Y0.743			
5432	N27150	X62.128	Y0.698			
5433	N27155	X61.996	Y0.627			
5434	N27160	X61.837	Y0.451			
5435	N27165	X61.739	Y0.235			
5436	N27170	X61.71	Y-0.001			

Рис. 6. 2 - Частина отриманого G-коду.

Під час написання дипломного проекту було проведено аналіз різноманітних конструкцій насадних фрез для обробки деревини профілем типу мікро-шип. Зваживши позитивні та негативні аспекти кожної запропонованої конструкції було вирішено розробити насадну фрезу збірної конструкції. В наступному розділі було обрано необхідні параметри майбутнього інструменту: матеріал корпусу, матеріал ріжучих елементів, конструктивні розміри, метод фіксації та метод передачі крутного моменту. У третьому розділі було здійснено конструювання елементу передачі крутного моменту та спрофільовано інструмент для нарізання трикутного зубчатого шліцевого з'єднання. Також було обрано технологію виготовлення корпусу насадної фрези, проведено аналіз маршрутів виготовлення та обрано найбільш оптимальний з них. Для основних операцій було розраховано режими різання та підібрано припуски на обробку. У 5-му розділі проекту розроблялось пристосування, яке дозволяє шліфувати паз для кріплення ріжучої пластини з мінімальною кількістю перестановок заготовки. І в останньому розділі проекту було проведено написання виконавчої програми для виготовлення елементу фрези на верстаті з ЧПК.

ЛІТЕРАТУРА

1. Морозов В. Г. Дереворежущий инструмент / В. Г. Морозов. – Леси: Пром-сть, 1988. – 344 с.
2. Грубе А. Э. Дереворежущие Инструменты / А. Э. Грубе. – Москва: Лесная Промышленность, 1971. – 339 с.
3. Вендер К. М. Специальный Дереворежущий Инструмент / К. М. Вендер, Г. А. Зотов. – Ленинград: Ленинградская типография №4, 1983. – 208 с.
4. ОСТ 1.00092-73. З'єднання зубчасте мілкошліцеве трикутного профілю.
5. Методичні вказівки з дисципліни «Різальний інструмент та інструментальне забезпечення автоматизованого виробництва». Фрези черв'ячні для деталей прямобічного профілю. / Уклад.: В.І. Солодкий. – 2010. – 64с.
6. Оптимізація маршруту технологічного процесу інструменту: Метод. вказівки до викон. курсової роботи з дисципліни “Математичне моделювання процесів різання” для студ. напряму підготовки / Н. С. Равська, Л. І. Ковальова, О. А. Охріменко. – Київ: ММІ НТУУ "КПІ", 2012. – 28 с.
7. Справочник технолога-машиностроения. В 2-х т. С74 Т. 2 /Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перрераб. и доп. – М .: Машиностроение, 1986. 496 с.
8. Косилова, А. Г., Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении: Справочник технолога / А. Г. Косилова, Р. К. Мещеряков, М. А. Калинин. М.: Машиностроение, 1985.
9. Справочник технолога-машиностроения. В 2-х т. С74 Т. 1 /Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М .: Машиностроение, 1986. 656 с

10. Методичний посібник до виконання індивідуального конструкторського проекту з практичних розрахунків затискних верстатних пристроїв при вивченні дисципліни “Технологічне оснащення” для студентів спеціальності 7.090202 “Технологія машинобудування” та 5.05050302 “Технологія обробки матеріалів на верстатах та автоматичних лініях”/ Т.В. Біркіна, - Олександрія: В.В. Зіль, В.І. Холоша – Д.: Національний гірничий факультет, 2010 – с. 69
11. Атлас чертежей общих видов для детализования. Ю. Б. Иванов - Под ред. проф. А. А. Чекмарева - 4-е издание, перераб. - Высшая школа, 2007

ДОДАТОК

Форм.	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примеч.
				<u>Документація</u>		
A1			ДП 6104.05.000	Складальне креслення	1	
				<u>Деталі</u>		
				<u>Поворотний стіл</u>		
		1.	П00.301.00.01	Корпус	1	
		2.	П00.301.00.02	Черв'ячне колесо	1	
		3.	П00.301.00.03	Черв'як	1	
		4.	П00.301.00.04	Оправка	1	
		5.	П00.301.00.05	Сухар	2	
		6.	П00.301.00.06	Стіл	1	
		7.	П00.301.00.07	Фланець	1	
		8.	П00.301.00.08	Втулка	2	
		9.	П00.301.00.09	Кришка	1	
		10.	П00.301.00.11	Гайка	4	
		11.	П00.301.00.12	Стакан	1	
		12.	П00.301.00.13	Кришка	1	
		13.	П00.301.00.14	Рукоятка	1	
		14.	П00.301.00.15	Ручка	1	
		15.		Корпус пристосування	1	
		16.		Оправка	1	
		17.		Затискна гайка	1	

					ДП 6104.05.000.СП			
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Разраб.	Деберний М.				Специфікація пристосу- вання	Лист	Лист	Листов
Пров.	Івановський О.						1	2
						НТУУ «Київський політех- нічний інститут імені Ізгоря Сікорського»		
Н.контр.								
Утв.								

[illegible]

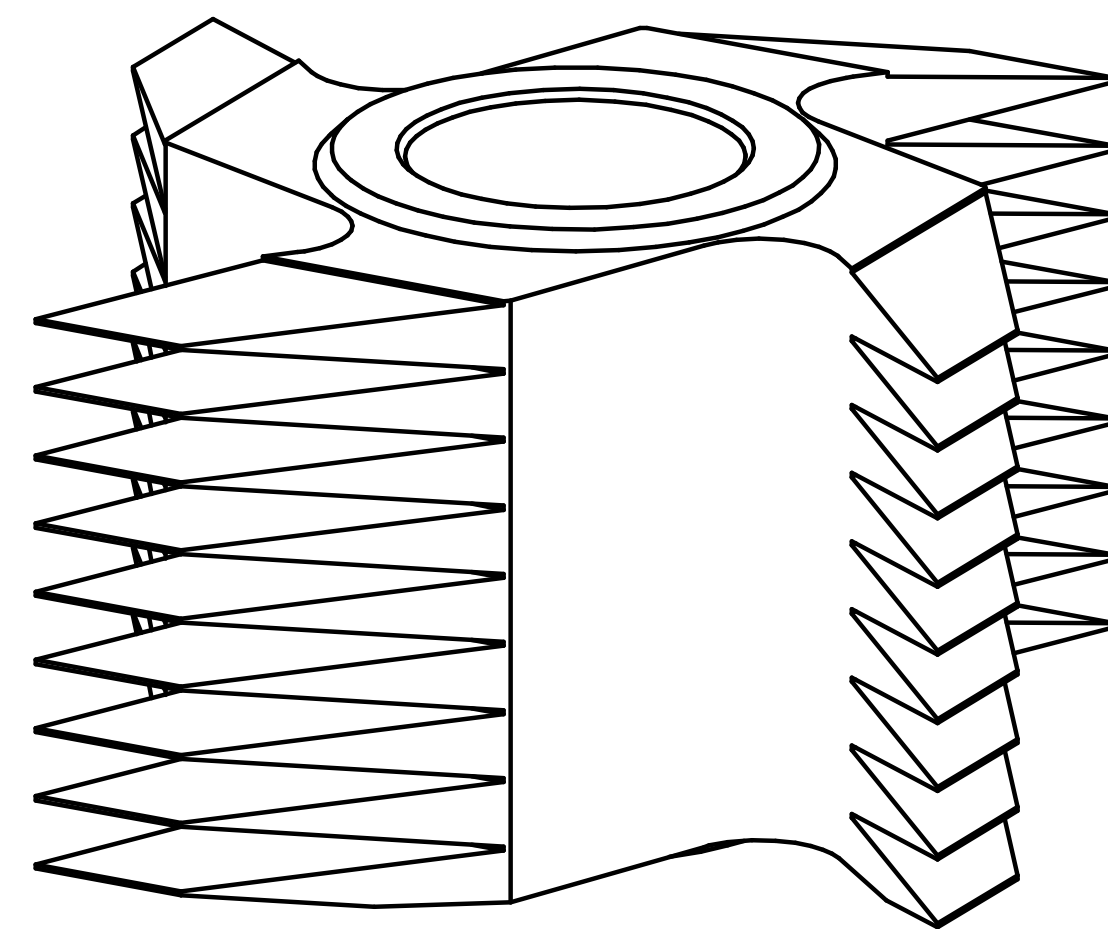
Аналіз конструкції фрез для зрощування

Переваги:

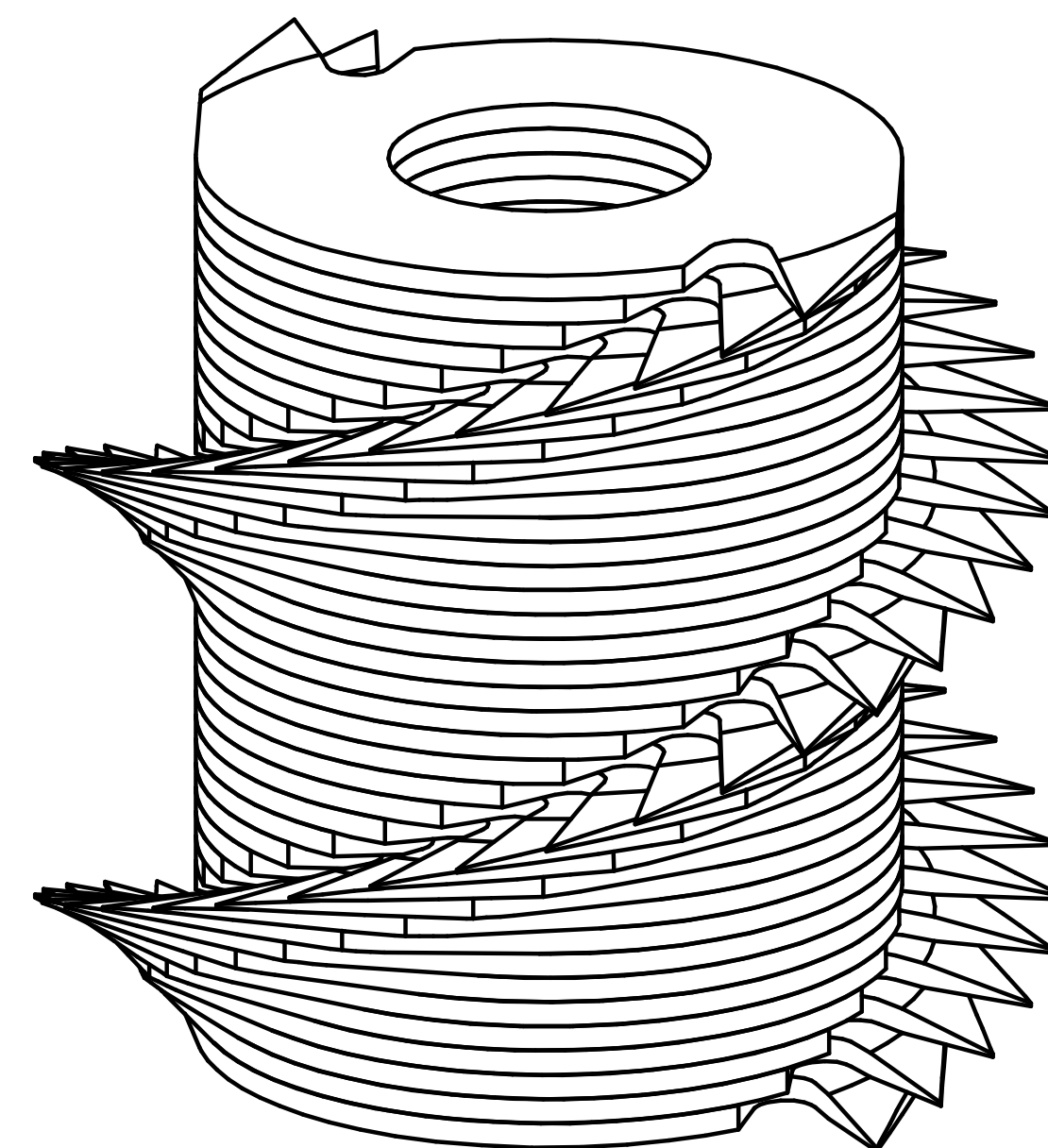
- простота у використанні;
- міцність та надійність;
- можливість переточування 25–40 раз.

Недоліки:

- низькі критерії зносостійкості;
- високе витрачання інструментальних сталей;
- при зламі зубця інструмент стає непридатним до використання.



Цільні фрези



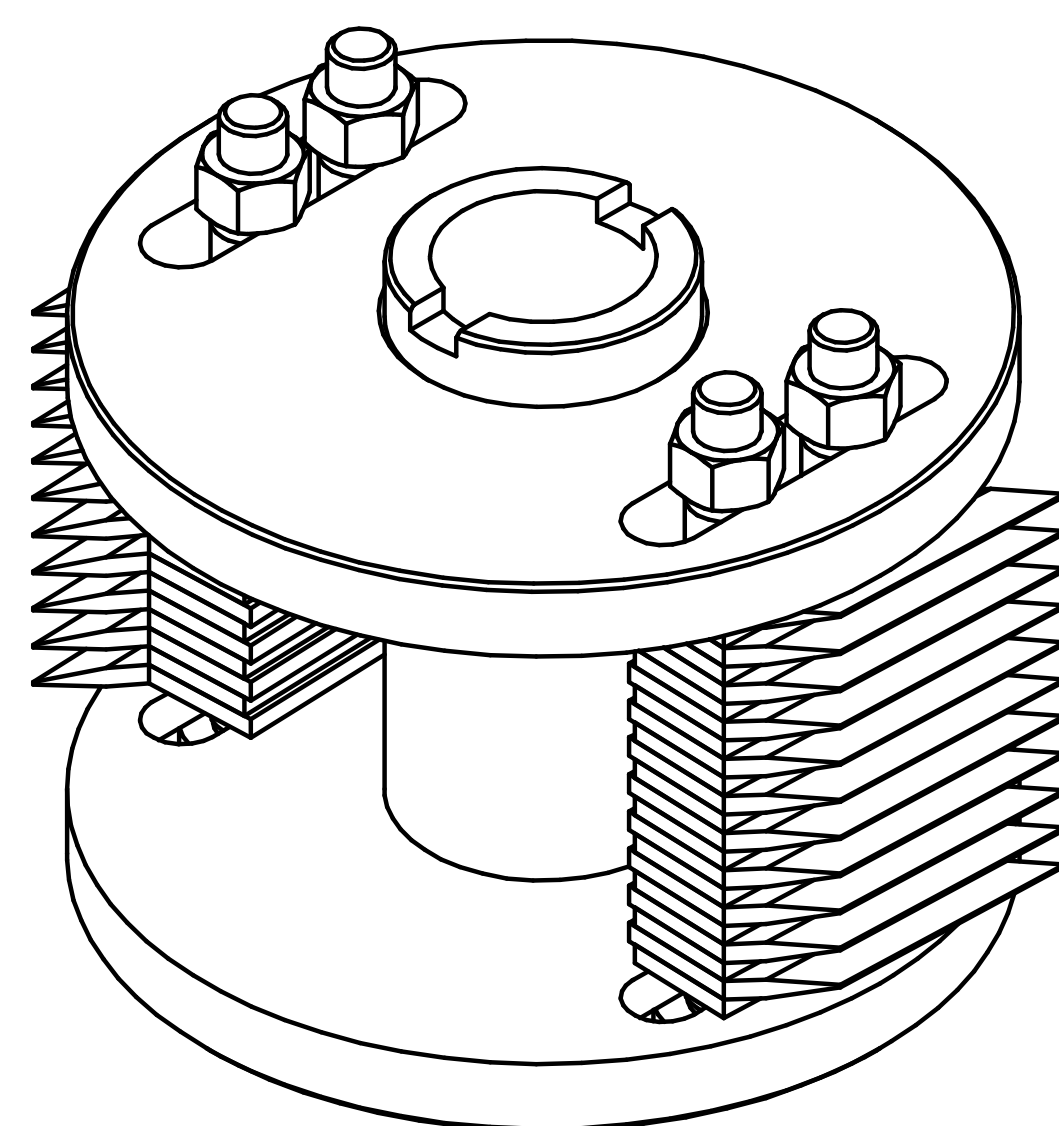
Система з окремих дискових різців

Переваги:

- висока ремонтпридатність;
- простота виготовлення;
- бережне ставлення до вузлів верстату;
- універсальність.

Недоліки:

- ускладнений процес налагодження фрези;
- необхідне використання додаткового обладнання;
- Низька стійкість.



Збірна фреза з призматичним різцем

Переваги:

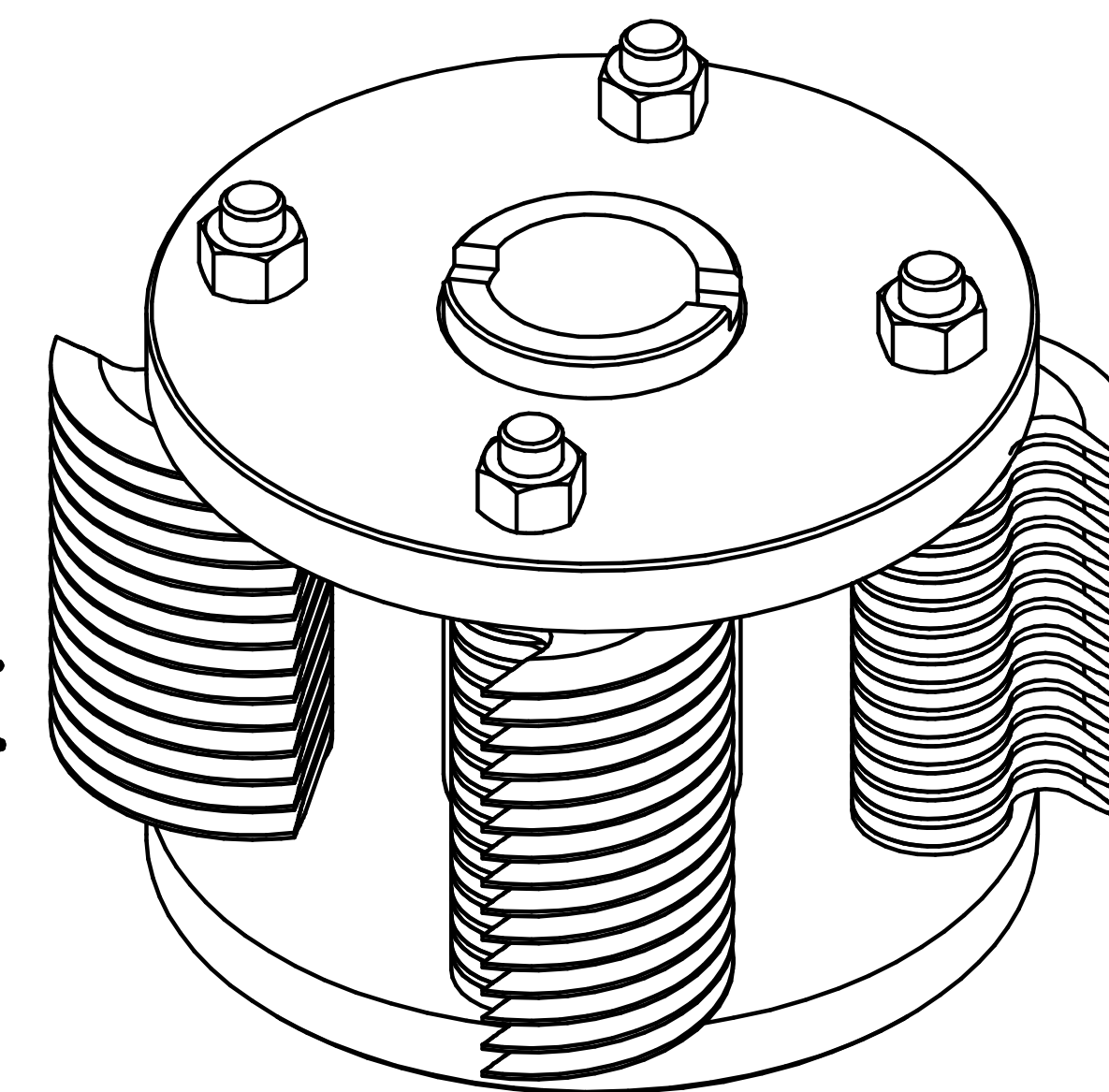
- ремонтпридатність;
- економія твердого сплаву;
- регулювання положення різців;
- дешевизна в експлуатації.

Недоліки:

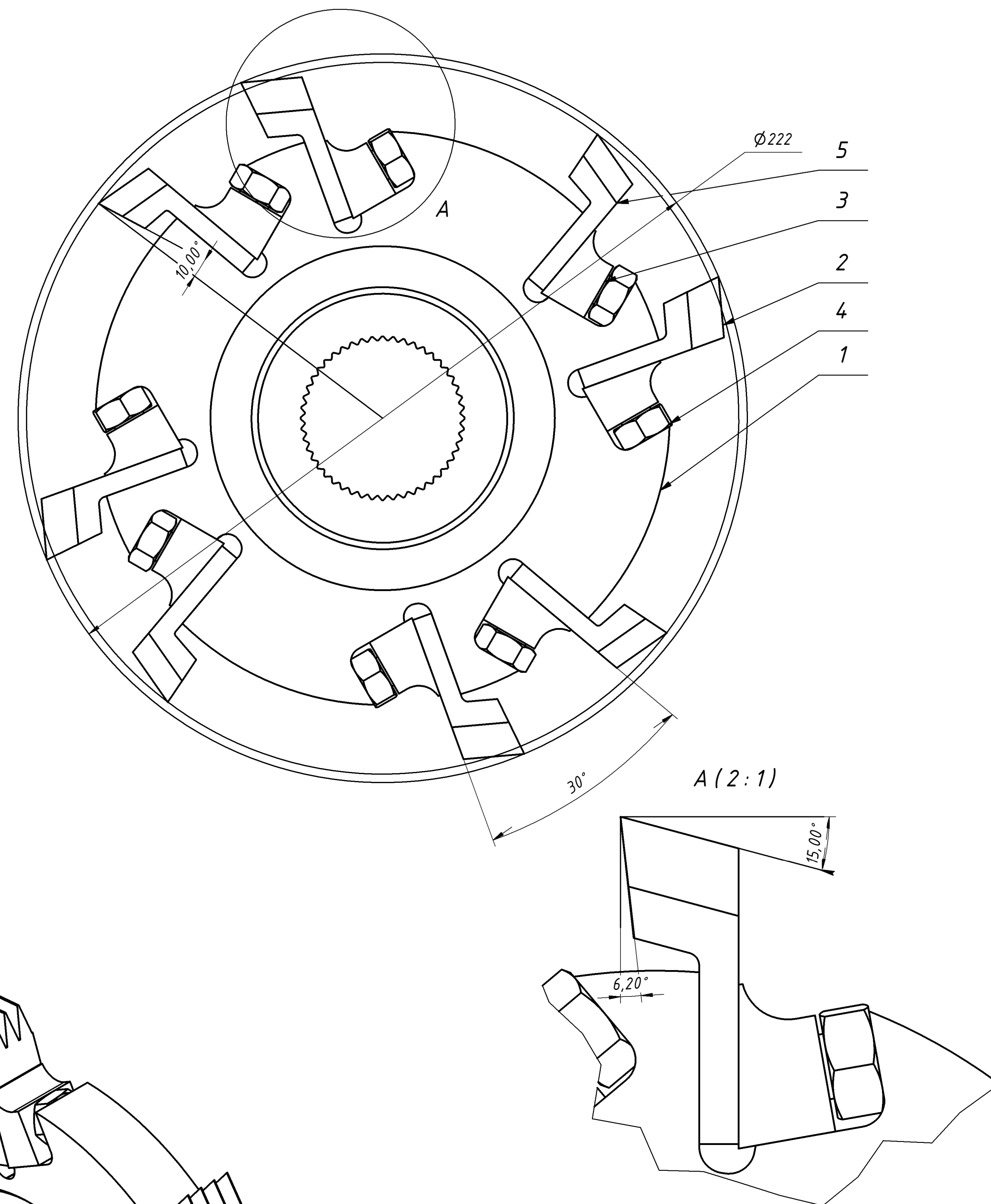
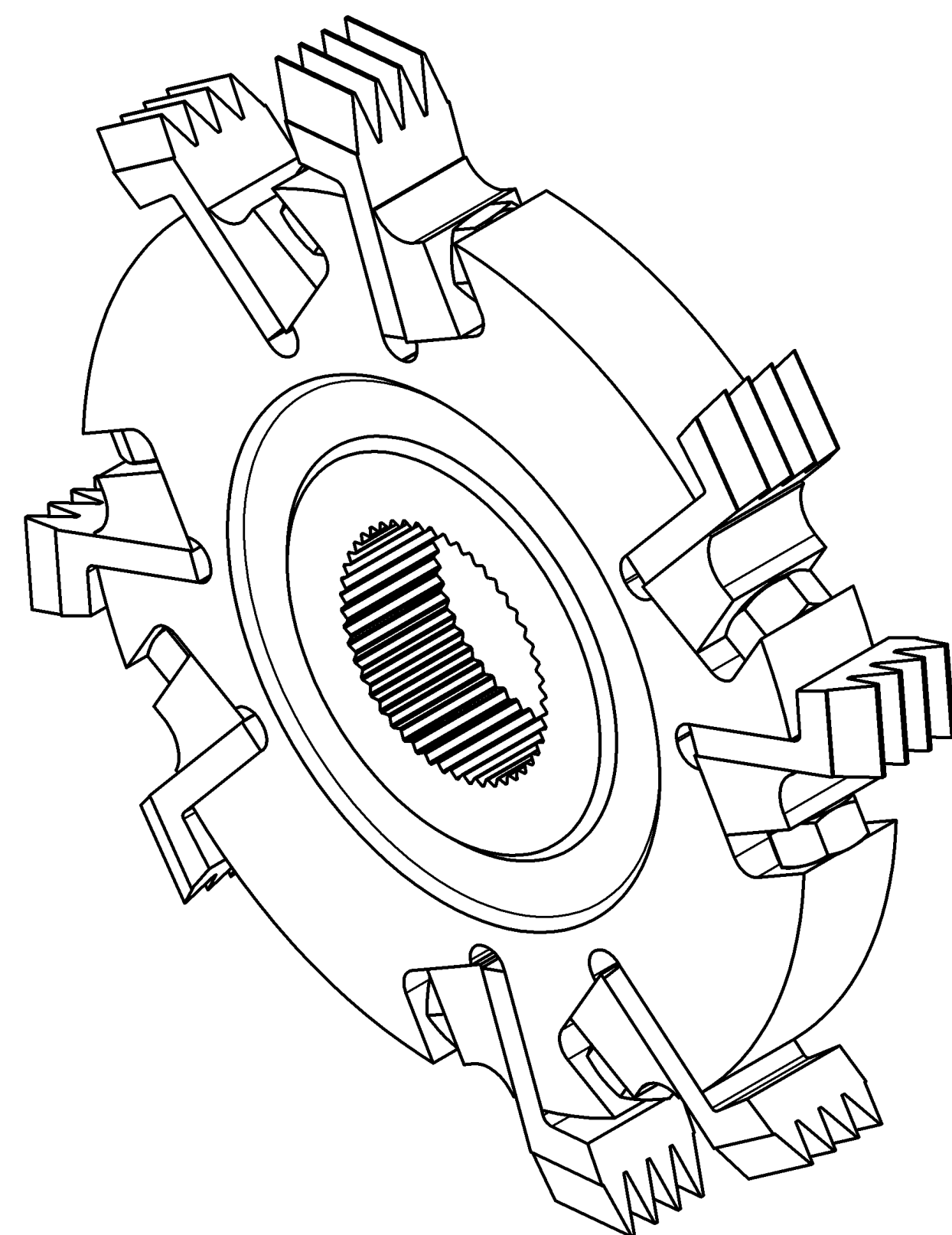
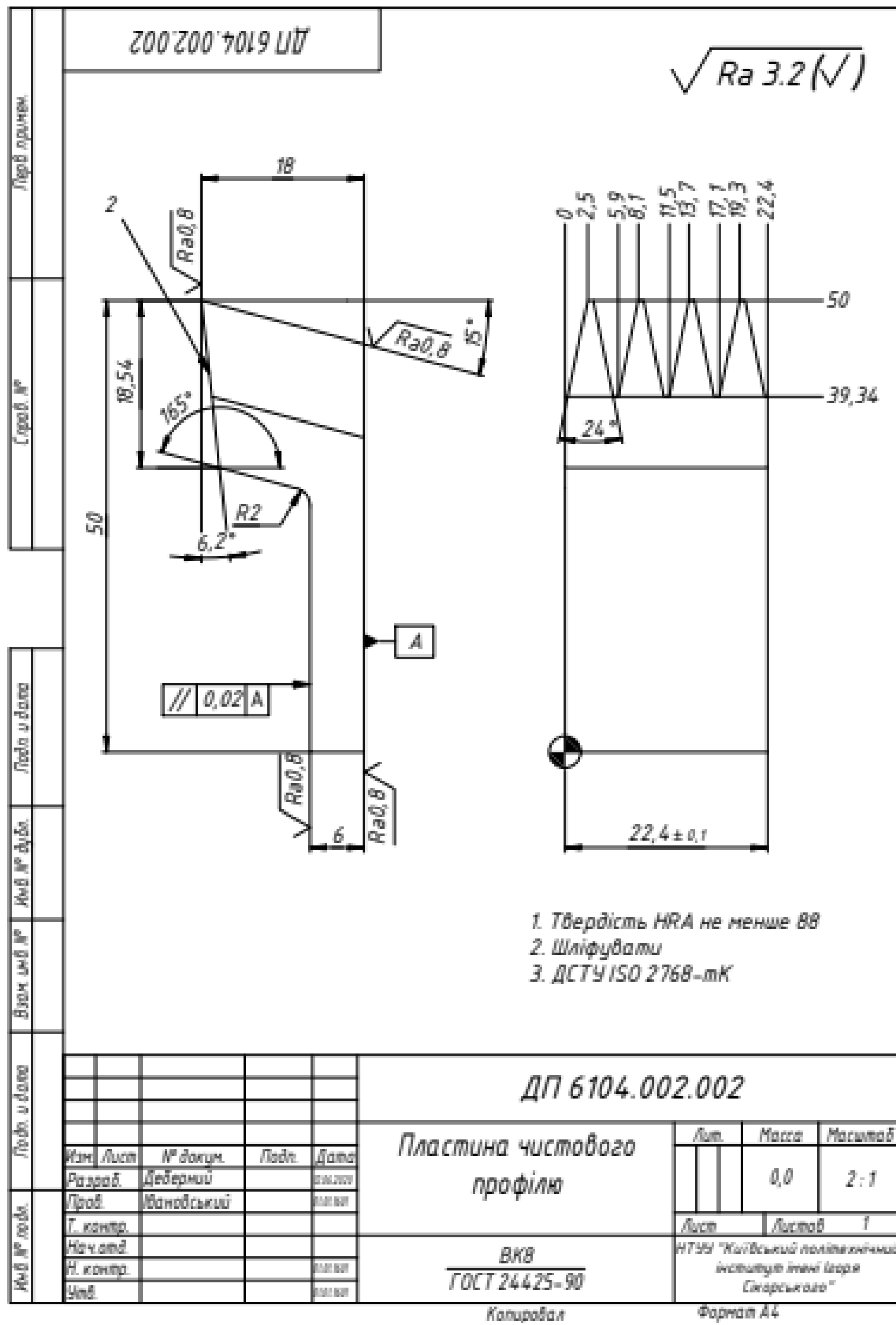
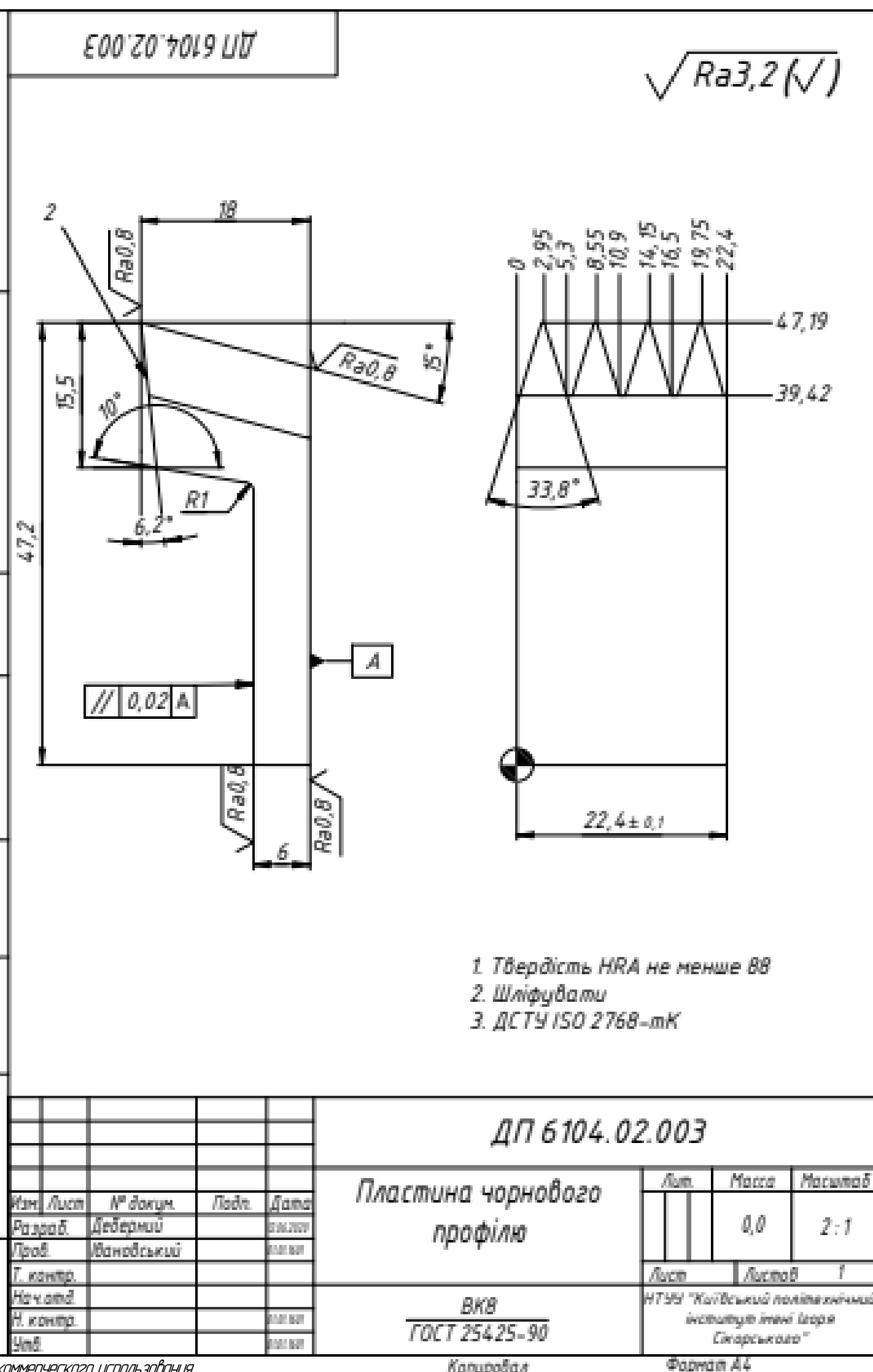
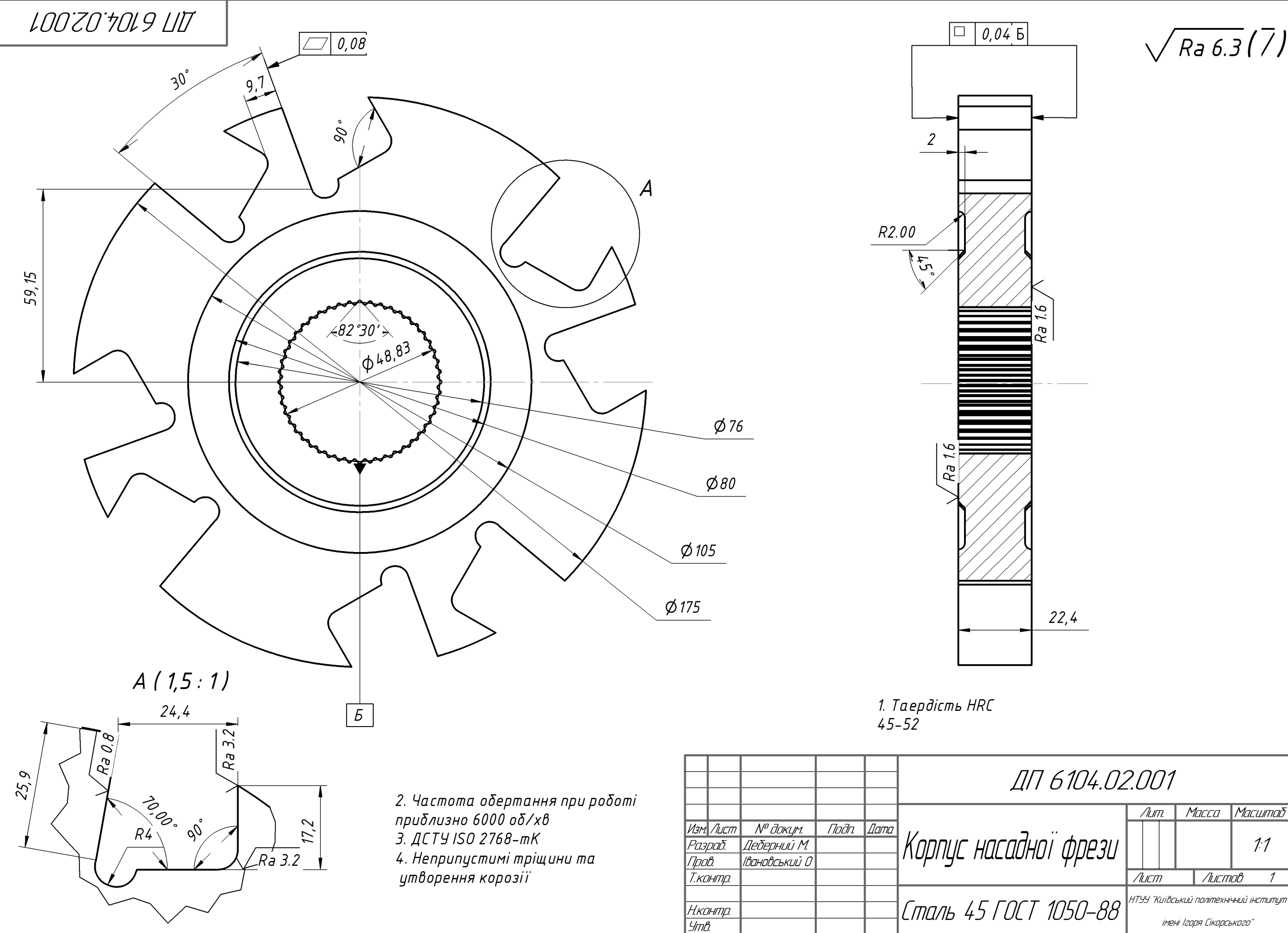
- висока частота облому кінчиків різців;
- різці та корпус задиваються стружкою;
- високі вимоги базування заготовок.

Переваги:

- простота та технологічність виготовлення різців;
- можливість виконання в 3–4 рази більше переточок;
- регулювання кута різання.



Збірна фреза з круглими різцями



Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Документация		
			ДП 6104.02.003	Збірний кресленник	1	
				Детали		
		1	ДП 6104.02.001	Корпус фрези	1	
		2	ДП 6104.02.002	Чистовий різець	4	
		3	ДП 6104.02.004	Клин прижимний	8	
		5	ДП 6104.02.003	Чорновий різець	4	
				Стандартные изделия		
		4		IFI 502 – M10x1,5 x 20	8	

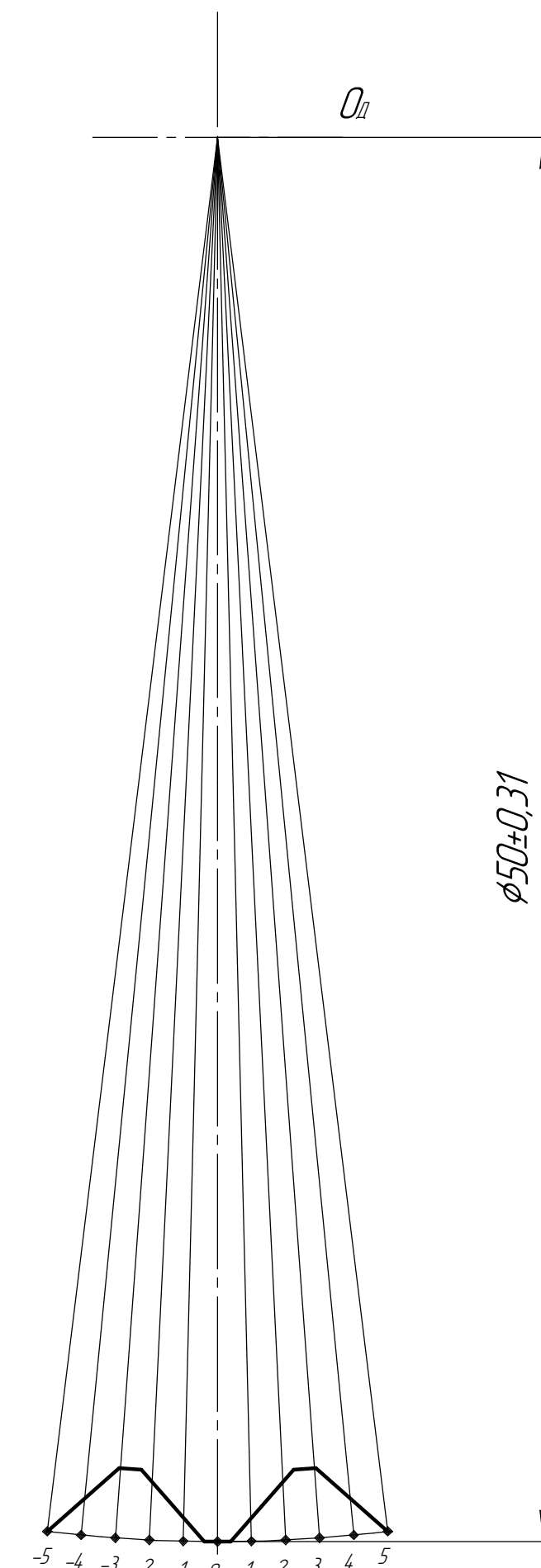
[illegible]

1. 62 ... 65 HRC;
 2. Цільні фрези повинні виготовлятися з швидкорізальної сталі за ГОСТ 19265;
 3. На всіх поверхнях фрез не повинно бути тріщин, заусенців та слідів корозії;
 4. Шпоначний паз – по ГОСТ 9472;

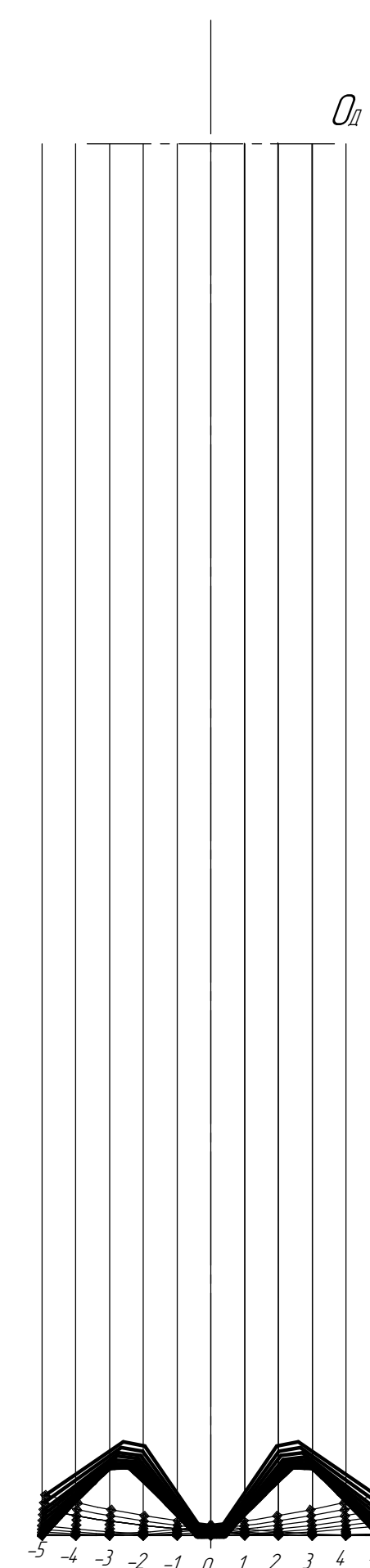
ДП 6104.03.001			
Лист	Маса	Масштаб	
		2,5:1	
Лист	Листов		
1	1		
Н. контр.	Сталь Р6М5 ГОСТ 19265-73		
Утв.	НТЗУ Київський політехнічний інститут імені Ізбры Сікорського		

[illegible]

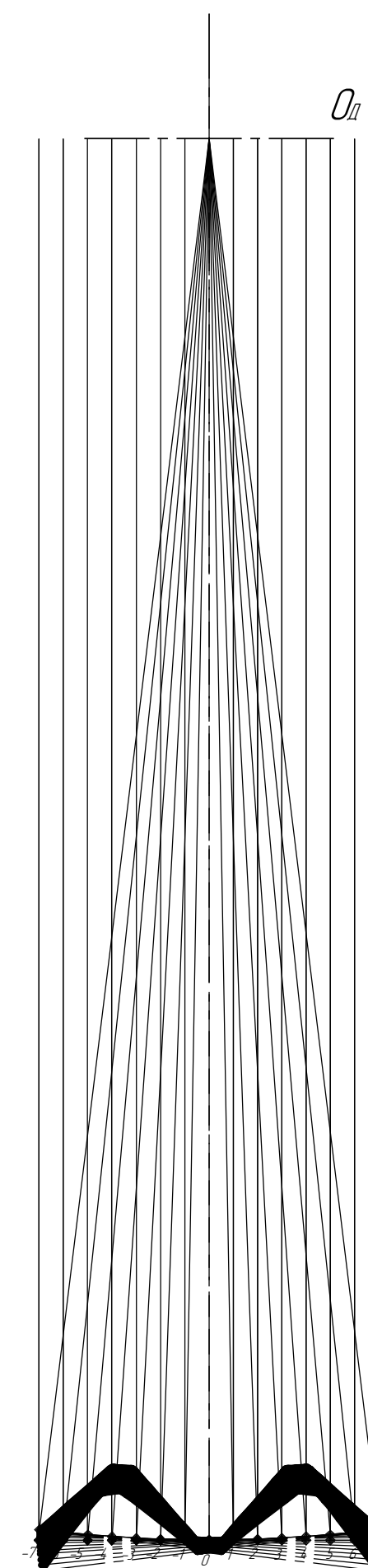
Technical drawing of a circular profile, likely a gear or a ring, showing dimensions and angles. The profile is defined by a dashed outer circle and a solid inner circle. The outer circle has a diameter of $\phi 47.126^{+0.02}_{-0.02}$. The inner circle has a diameter of $\phi 50.54^{+0.074}_{-0.074}$. The profile is divided into segments by radial lines, with one segment labeled $82^{\circ}29'$. The profile is also labeled with $\phi 50^{+0.62}_{-0.62}$.



Шаблон подцудову



Пряме профілювання



Обернене профілювання

Комп'ютерний зразок
Деталь: 6104.04.001
Версія: 1.0
Дата: 2019-04-01
Ім'я: Ігор Скорський

Лист: 1
Всього: 1
Дата: 2019-04-01
Ім'я: Ігор Скорський

Лист: 1
Всього: 1
Дата: 2019-04-01
Ім'я: Ігор Скорський

Деталь: 6104.04.001

Циклограма руху інструменту

Такерно-револьверна операція					ДП 6104.04.001					
	$V, \text{ м/хв}$	$n, \text{ об/хв}$	$f, \text{ мм}$	$S, \text{ мм/об}$	Ім'я/Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Лист	Масштаб
Обточка зовнішнього діаметру	22,35	40	15	0,8	Розроб.	Лейдерний М.				1:1
					Проб.	Івановський О.				
					Інж.контр.					
					Інж.контр.					
					Утв.					

Не для комерційного використання

Комп'ютерний зразок
Деталь: 6104.04.002
Версія: 1.0
Дата: 2019-04-01
Ім'я: Ігор Скорський

Лист: 1
Всього: 1
Дата: 2019-04-01
Ім'я: Ігор Скорський

Лист: 1
Всього: 1
Дата: 2019-04-01
Ім'я: Ігор Скорський

Деталь: 6104.04.002

Циклограма руху інструменту

Такерно-револьверна операція					ДП 6104.04.002				
	$V, \text{ м/хв}$	$S, \text{ мм/зуб}$	$t, \text{ мм}$	Ім'я/Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Лист	Масштаб
Протягування шлицевого з'єднання	8	0,05	2		Розроб.	Лейдерний М.			1:1
					Проб.	Івановський О.			
					Інж.контр.				
					Інж.контр.				
					Утв.				

Не для комерційного використання

Комп'ютерний зразок
Деталь: 6104.04.003
Версія: 1.0
Дата: 2019-04-01
Ім'я: Ігор Скорський

Лист: 1
Всього: 1
Дата: 2019-04-01
Ім'я: Ігор Скорський

Лист: 1
Всього: 1
Дата: 2019-04-01
Ім'я: Ігор Скорський

Деталь: 6104.04.003

Циклограма руху інструменту

Такерно-револьверна операція					ДП 6104.04.003					
	$V, \text{ м/хв}$	$S_z, \text{ мм/зуб}$	$S, \text{ мм/об}$	$n, \text{ об/хв}$	Ім'я/Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Лист	Масштаб
Фрезерування пази	99	0,06	0,24	5270	Розроб.	Лейдерний М.				1:1
					Проб.	Івановський О.				
					Інж.контр.					
					Інж.контр.					
					Утв.					

Не для комерційного використання

Комп'ютерний зразок
Деталь: 6104.04.004
Версія: 1.0
Дата: 2019-04-01
Ім'я: Ігор Скорський

Лист: 1
Всього: 1
Дата: 2019-04-01
Ім'я: Ігор Скорський

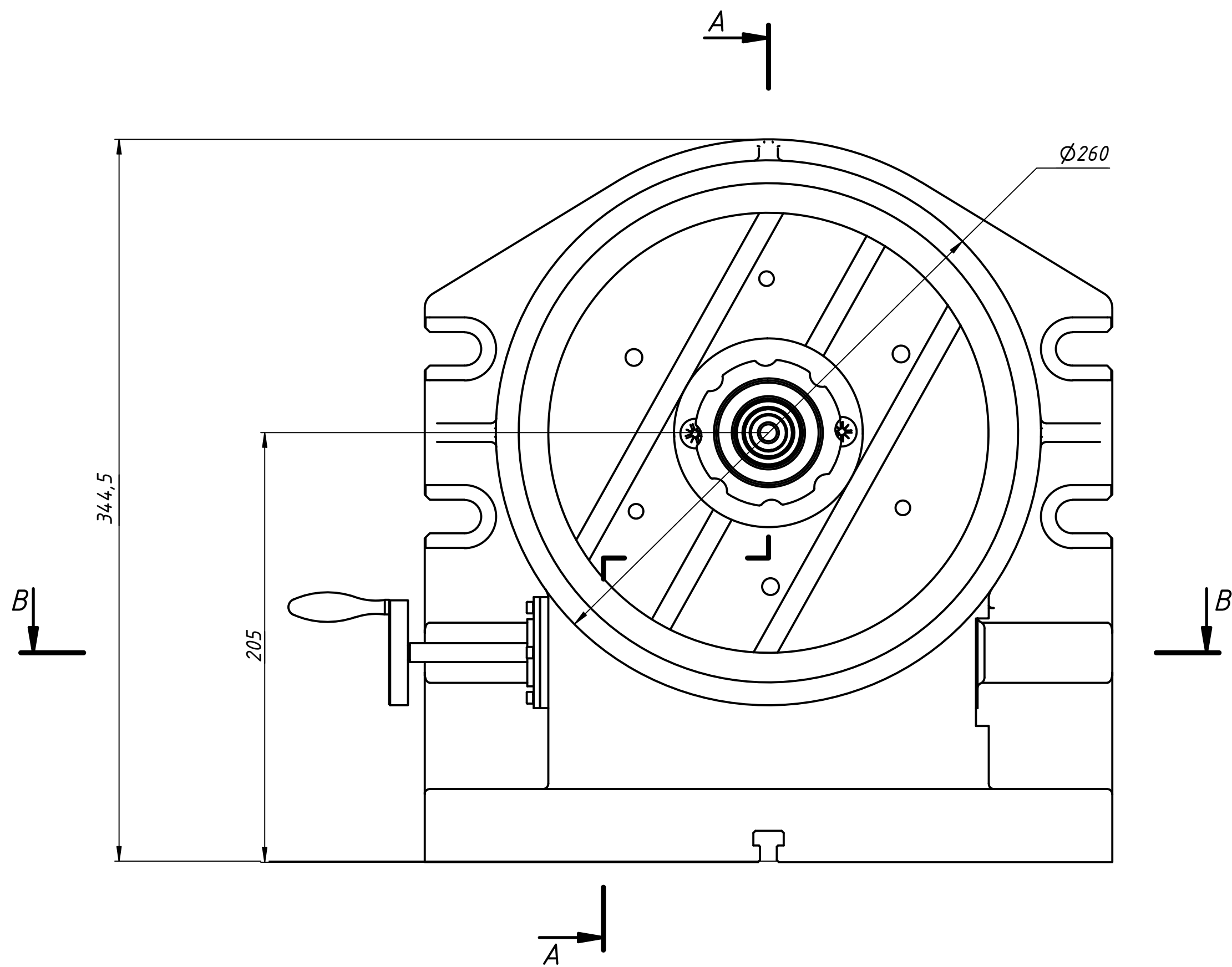
Лист: 1
Всього: 1
Дата: 2019-04-01
Ім'я: Ігор Скорський

Деталь: 6104.04.004

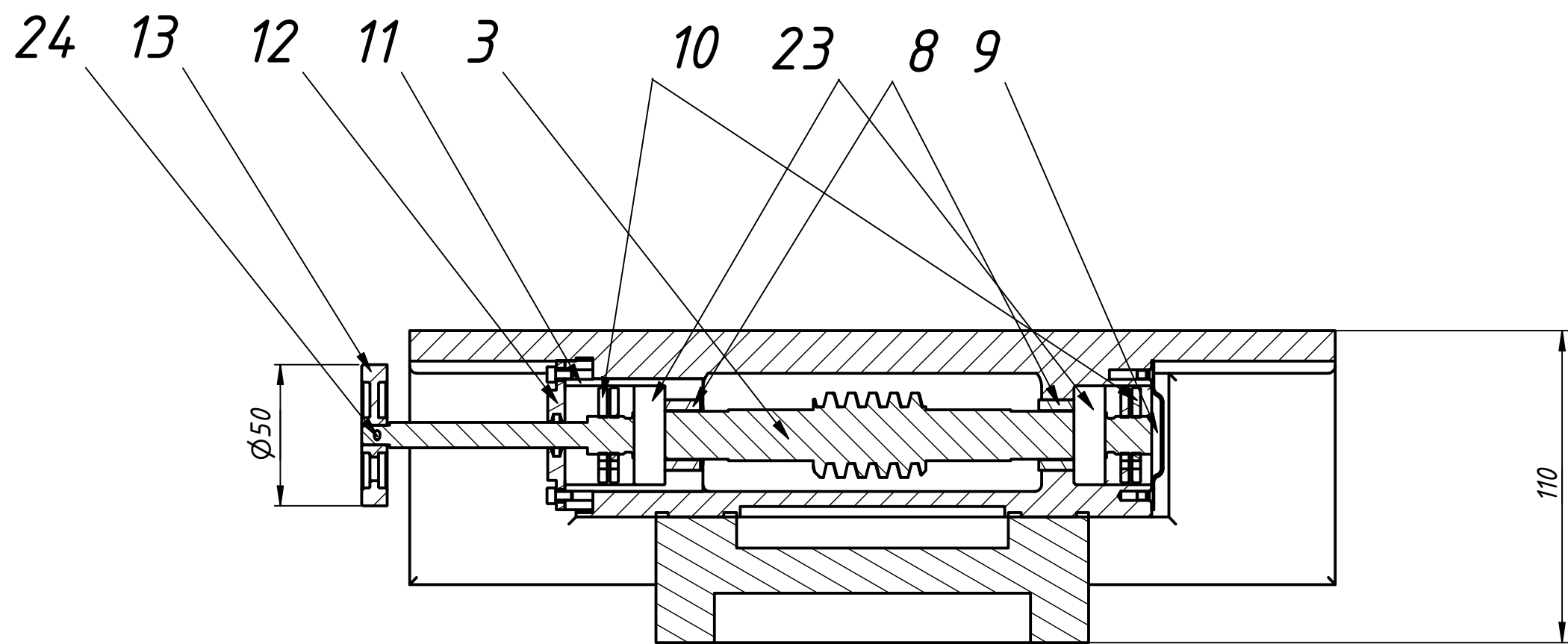
Циклограма руху інструменту

Такерно-револьверна операція					ДП 6104.04.004				
	$V, \text{ м/хв}$	$S, \text{ мм/зуб}$	$t, \text{ мм}$	Ім'я/Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Лист	Масштаб
Шліфування торця	30	0,12	25		Розроб.	Лейдерний М.			1:1
					Проб.	Івановський О.			
					Інж.контр.				
					Інж.контр.				
					Утв.				

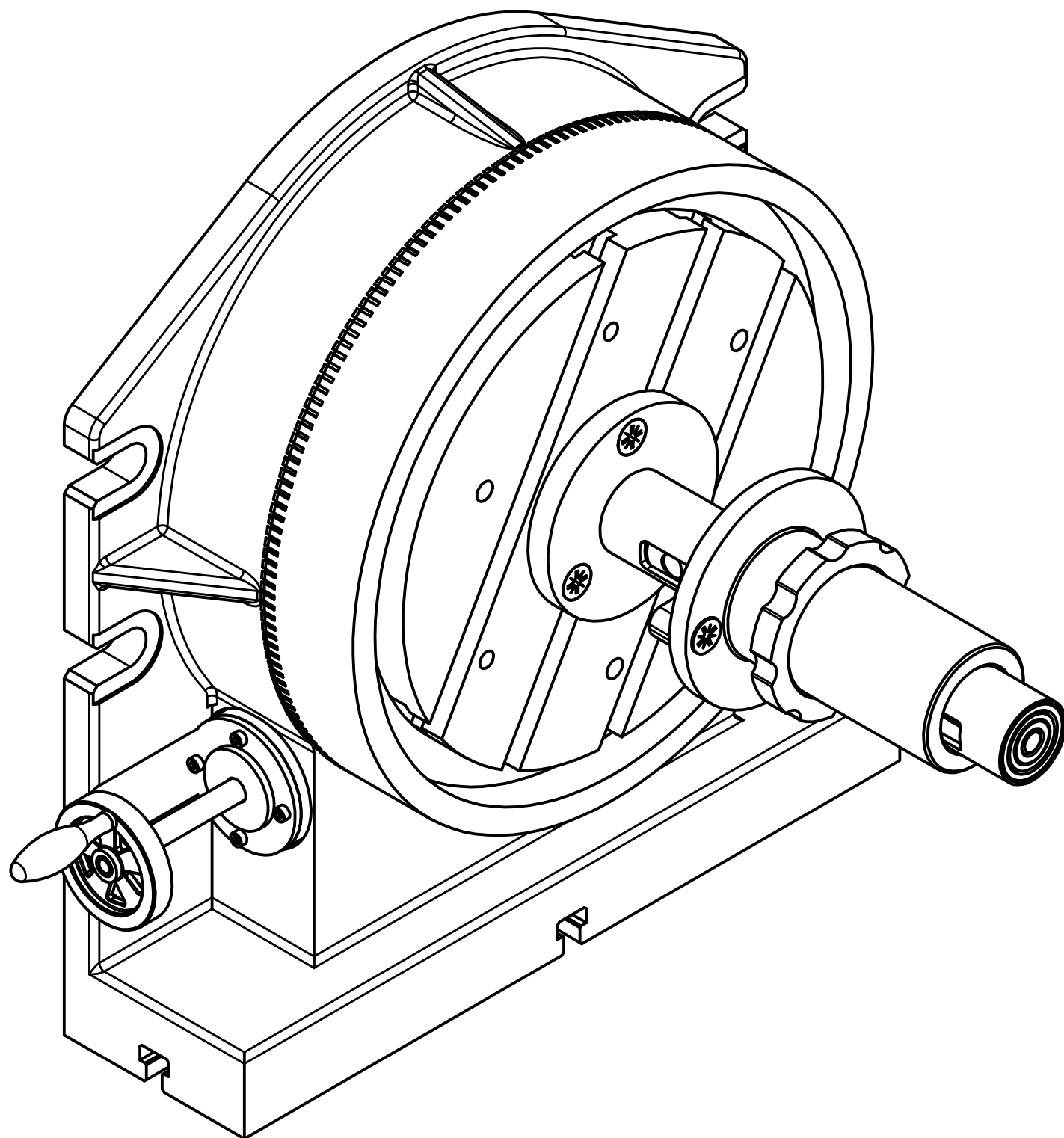
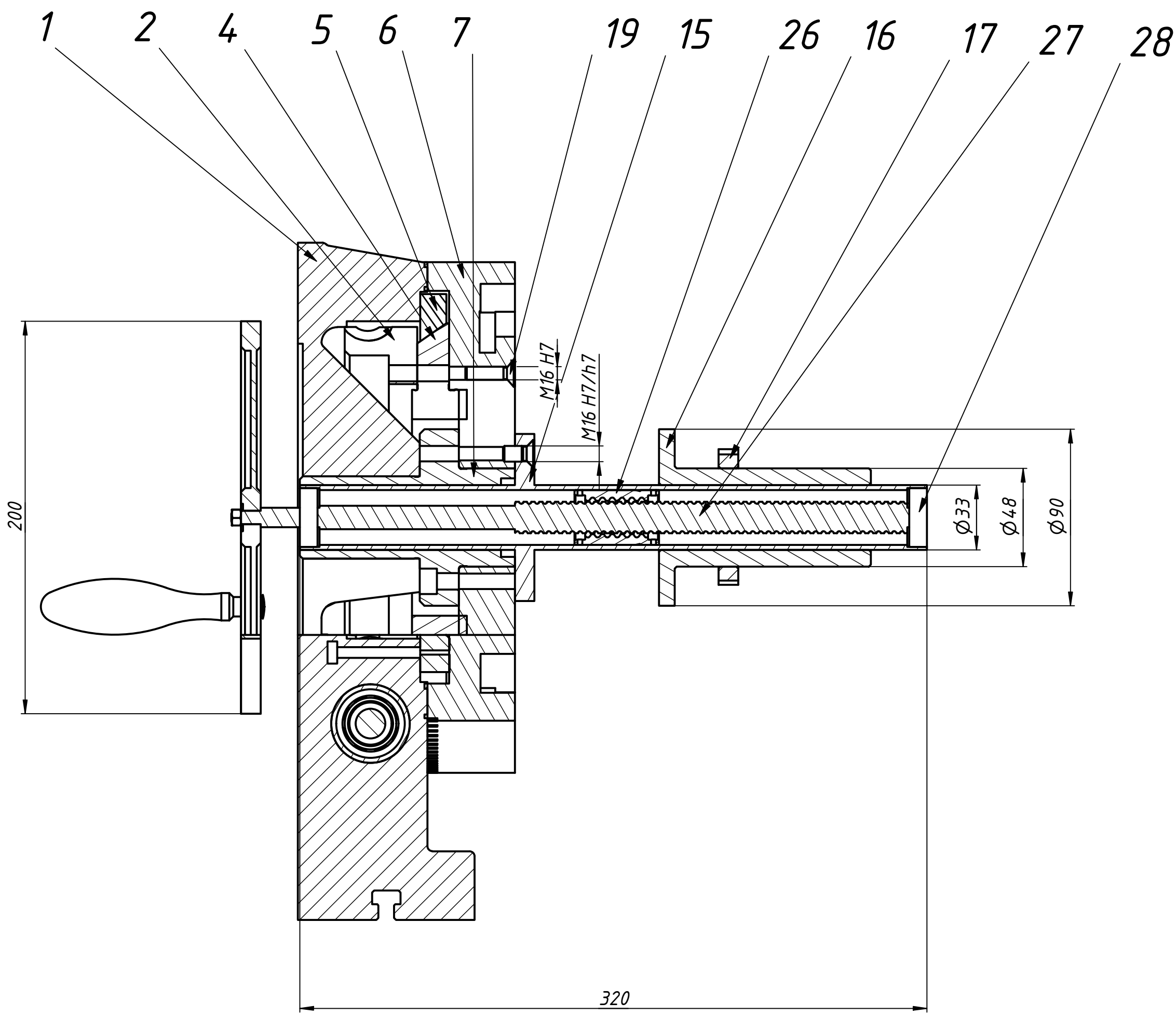
Не для комерційного використання



B-B (1:2)



A-A (1:2)

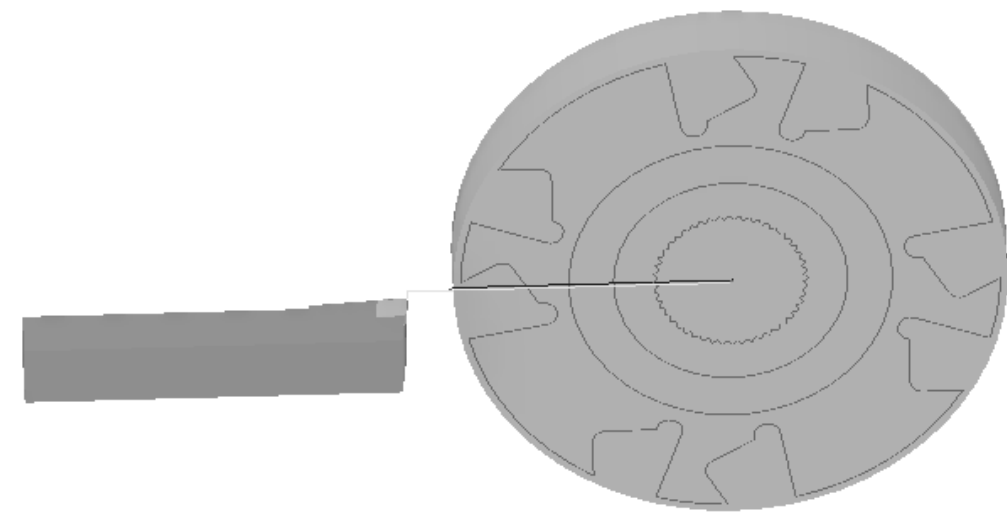


1. Сили закріплення заготовки – 1600 кгс
2. Похибка базування – 0,115 мм
3. Невказані граничні відхилення:
отворів – Н14, валів – н14, інших – IT14/2

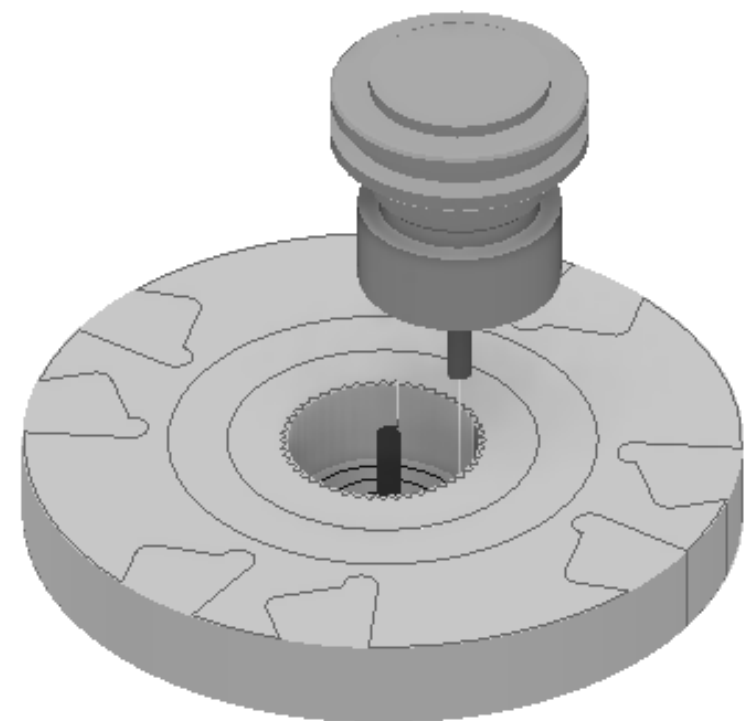
ДП 6104.05.000					
Приспособування для шліфування пазу					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.
Разраб.	Левченко М.			01.06.2020	Масса
Пров.	Ивановський			01.01.2021	7,5
Т. контр.					Масштаб
Нач. отд.					1:2
Н. контр.					Лист
Этб.					Листов
НТУУ "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"					
1 Копіював					
Формат А1					

Виготовлення корпусу фрези на верстаті з ЧПК

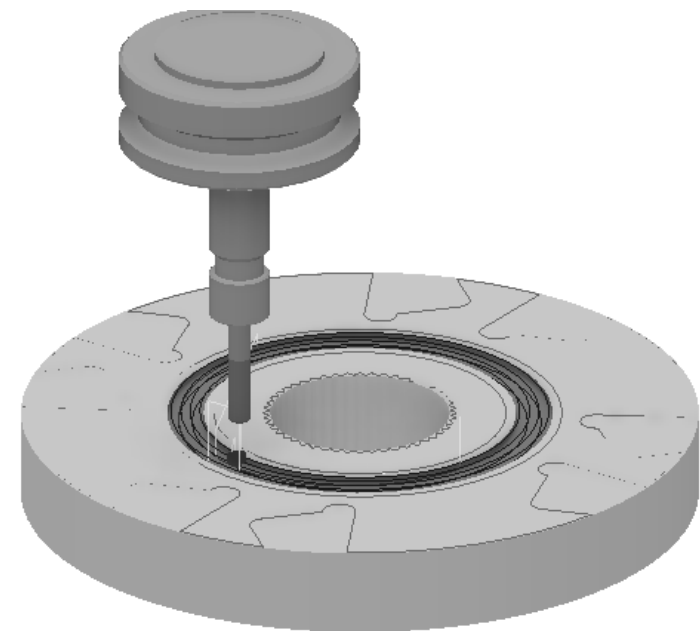
Торцювання заготовки



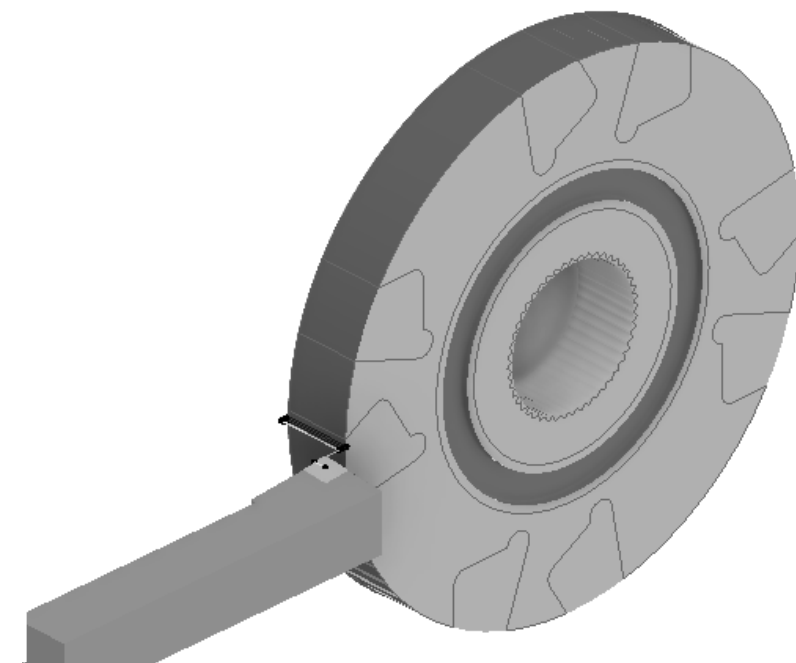
Фрезерування внутрішнього отвору



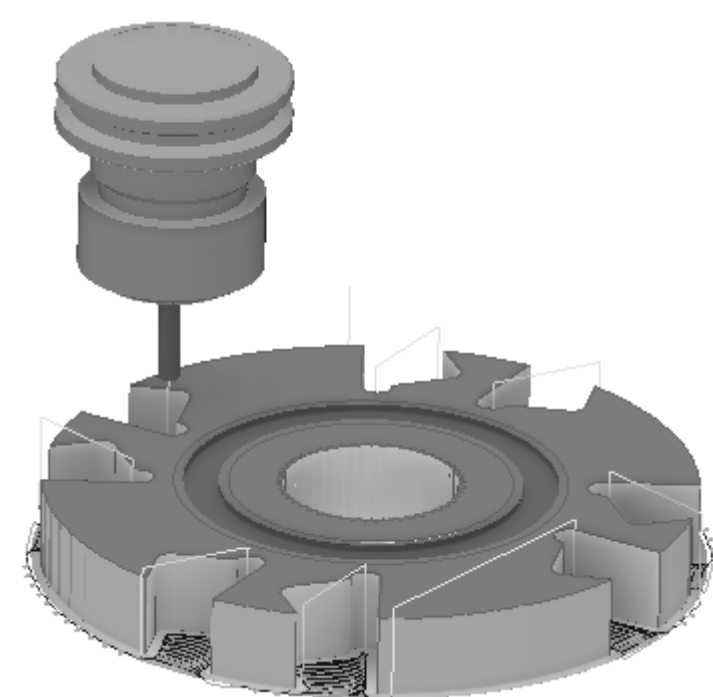
Фрезерування виточки



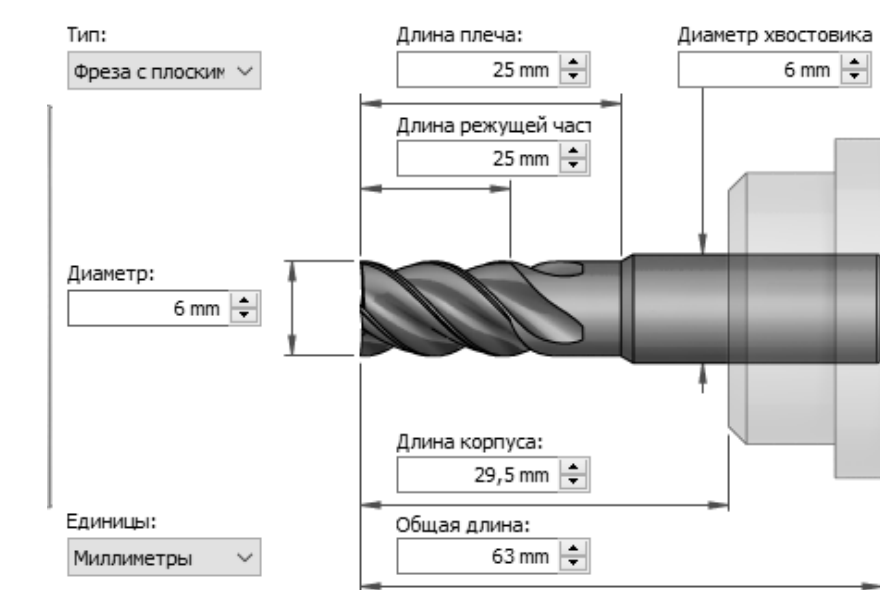
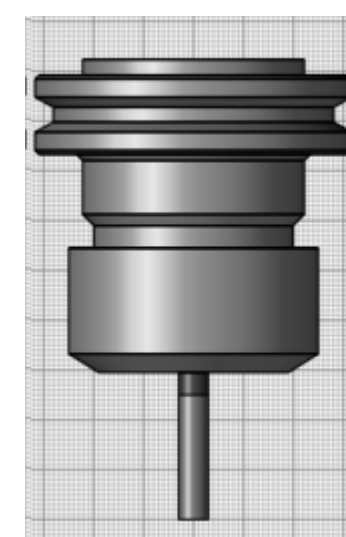
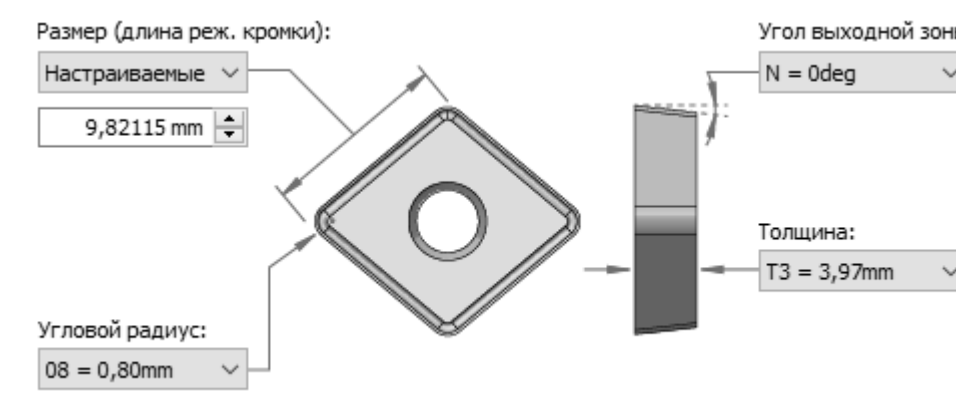
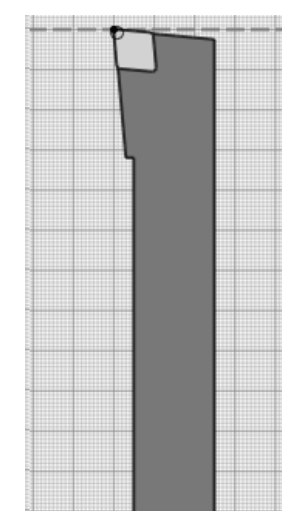
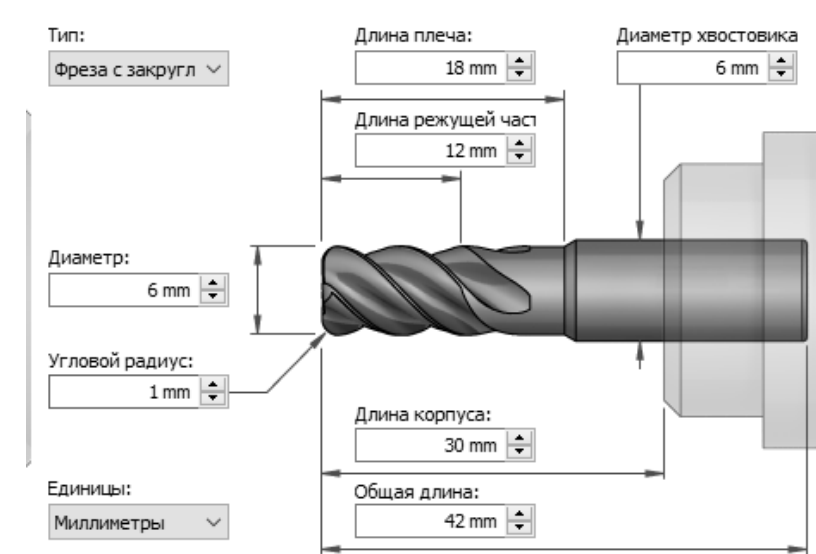
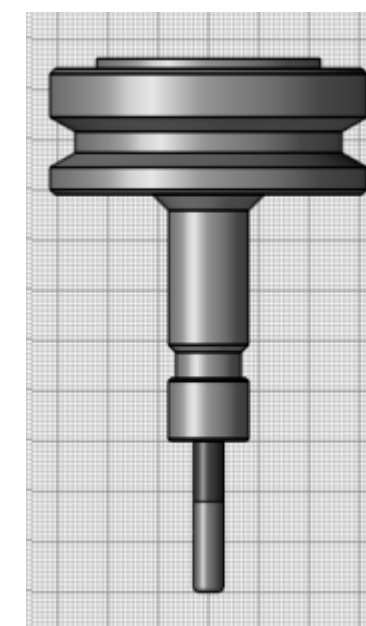
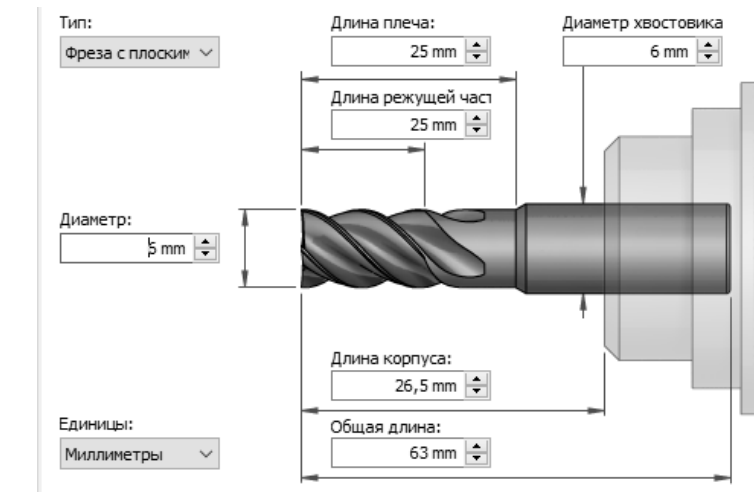
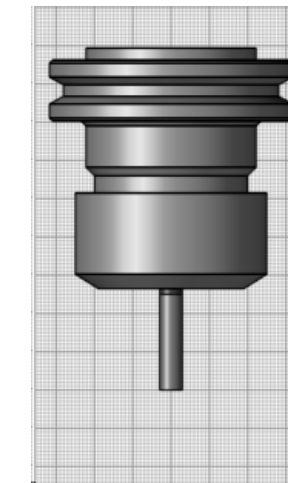
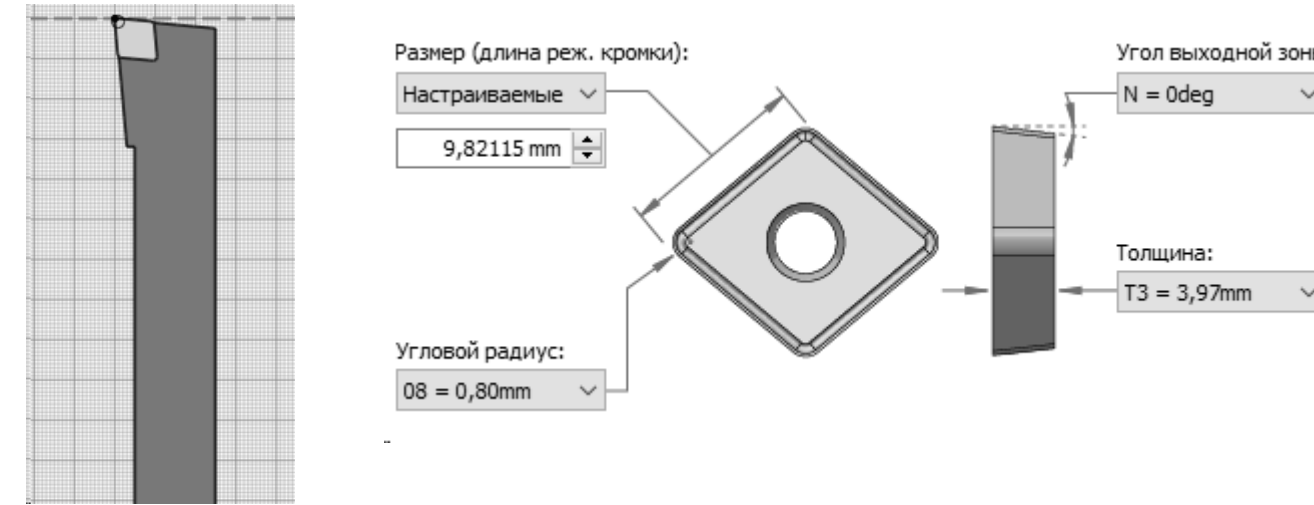
Проточка зовнішнього діаметру



Фрезерування пазів



Вибраний інструмент



Частина згенерованого G-коду

(1001)
(T8 D=6 CR=0 - ZMIN=0.5 - flat end mill)
N10 G90
N15 G17
N20 G21
(2D-?????????)
N25 T8 M6
N30 S7760 M3
N35 M8
N40 G0 X52.841 Y-75.102
N45 Z37.4
N50 Z27.4
N55 Z1.7
N60 G1 Z1.1 F1397
N65 X52.834 Y-75.104 Z1.006
N70 X52.813 Y-75.111 Z0.915
N75 X52.778 Y-75.121 Z0.828
N80 X52.731 Y-75.135 Z0.747
N85 X52.673 Y-75.152 Z0.676
N90 X52.604 Y-75.172 Z0.615
N95 X52.527 Y-75.195 Z0.565
N100 X52.443 Y-75.219 Z0.529
N105 X52.355 Y-75.245 Z0.507
N110 X52.265 Y-75.271 Z0.5
N115 G17 G3 X49.217 Y-76.536 I4.311 J-14.699
N120 G1 X49.077 Y-76.619
N125 X48.884 Y-76.717
N130 X48.86 Y-76.728
N135 X48.642 Y-76.824
N140 X48.424 Y-76.901
N145 X48.303 Y-76.935
N150 X48.207 Y-76.959
N155 X47.989 Y-77.006
N160 X47.772 Y-77.04
N165 X47.554 Y-77.055
N170 X47.336 Y-77.059
N175 X47.119 Y-77.051
N180 X46.901 Y-77.027